

АНАЛОГОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

СПРАВОЧНИК

СПРАВОЧНИК

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 1033

АНАЛОГОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

(СПРАВОЧНИК)


МОСКВА «РАДИО И СВЯЗЬ» 1981

ББК 32.844.1
А64
УДК 621.3.049.77

А64 **Аналоговые** интегральные микросхемы: Справочник/Б. П. Кудряшов, Ю. В. Назаров, Б. В. Тарабрин, В. А. Ушибышев. — М.: Радио и связь, 1981. — 160 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1033).

90 к.

Приводятся общие сведения (классификация, условные обозначения), электрические параметры и принципиальные схемы серийно выпускаемых отечественных аналоговых микросхем широкого применения, представляющие наибольший интерес для радиолюбителей.

Для широкого круга радиолюбителей.

А $\frac{30404\text{-}187}{046(01)\text{-}81}$ 210-81(Э.) 2402020000 ББК 32.844.1
6Ф0.3

РЕЦЕНЗЕНТ канд. техн. наук Н. Н. ГОРЮНОВ

БОРИС ПЕТРОВИЧ КУДРЯШОВ
ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ НАЗАРОВ
БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ ТАРАБРИН
ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ УШИБЫШЕВ

АНАЛОГОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Редактор *М. А. Бедрековский*

Редактор издательства *И. Н. Суслова*

Технический редактор *Л. В. Иванова*

Корректор *Н. В. Козлова*

ИБ № 1952 (Энергия)

Сдано в набор 17.03.81 г. Подписано в печать 11.05.81 г.

Т-08367 Формат 60×90 1/16 Бумага тип. № 1 Гарнитура литературная Печать высокая

Усл. печ. л. 10,0 Усл. кр.-отт. 10,375 Уч.-изд. л. 11,90 Тираж 300 000 экз. Изд. № 19131

Зак. № 52 Цена 90 *к.*

Издательство «Радио и связь», Москва 101000, Главпочтамт, а/я 693

Набрано в типографии издательства "Радио и связь" Госкомиздата СССР
Москва 101000, ул Кирова, д. 40
Отпечатано в типографии "Прейскурантиздат" Зак. 142.
125438,Москва, Пакгаузное шоссе, 1.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Микроэлектроника интенсивно проникает во все сферы народного хозяйства и в радиолюбительскую практику. Не только специалисты, но и радиолюбители убедились в том, что радиоэлектронная аппаратура (РЭА) и простейшие устройства, созданные с применением интегральных микросхем (ИМС), обладают большой надежностью, малыми габаритами и массой.

Применение микросхем облегчает также расчет и проектирование функциональных узлов и блоков РЭА; рассматривая микросхему как «черный ящик» с определенными свойствами, разработчику РЭА или радиолюбителю нет необходимости производить расчеты режимов элементов ИМС, достаточно подать на нее установленные технической документацией электрические режимы и он получит гарантированные на ИМС параметры. Поэтому интерес к микросхемам неизменно возрастает.

Задачей настоящей книги является познакомить радиолюбителей с техническими характеристиками наиболее популярных классов аналоговых микросхем. Такими классами, по мнению авторов, являются дифференциальные и операционные усилители, весьма универсальные в применении, а также усилители высокой, промежуточной и низкой частоты и стабилизаторы напряжения.

Для каждой микросхемы, помещенной в Справочнике, как правило, приведены конструкция корпуса, принципиальная схема, типовая схема включения, условия и предельно допустимые режимы эксплуатации, электрические параметры и графики зависимостей параметров от режимов и условий применения.

Необходимые для нормального функционирования ИМС внешние элементы приведены на типовых схемах включения. Типовая схема включения представляет собой один из вариантов применения схемы (как правило, основной для дифференциальных усилителей, усилителей ВЧ, НЧ, ПЧ, стабилизаторов напряжения и неосновной для операционных усилителей, так как применение операционных усилителей без отрицательной обратной связи является частным случаем). Измерение электрических параметров микросхем производится при включении ее по типовой схеме в соответствии с ГОСТ 19799—74 «Микросхемы интегральные аналоговые. Методы измерения электрических параметров и определения характеристик».

Предельно допустимый режим эксплуатации, как правило, превышает режим ИМС, при котором измеряются ее параметры. При работе ИМС в предельно допустимом режиме не возникает необратимых физических изменений в схеме, но электрические параметры ИМС в этом режиме документом на поставку не нормируются. Типовое (среднее) значение параметра можно получить из графиков зависимостей электрических параметров от режимов применения. Превышение предельно допустимого режима может вызвать отказ микросхемы, ускоренную деградацию ее параметров или нарушение функционирования.

В таблицах на каждый тип ИМС приведены, за исключением оговоренных случаев, наихудшие значения электрических параметров для указанной температуры окружающей среды и электрического режима измерения, например $K_{yU} \cdot 10^3 |50|$, это значит, что все усилители данного типа будут иметь коэффициент усиления по напряжению более или равный 50 000.

В справочнике для большинства ИМС приведены типовые зависимости электрических параметров от режимов применения и температуры окружающей среды. Зависимости электрических параметров от режимов применения, за исключением оговоренных случаев, приведены для нормальной (25° С) температуры окружающей среды. Режимы ИМС, при которых снимались графики, соответствуют режимам, указанным в таблицах электрических параметров для соответствующего параметра. При расчете функциональных узлов РЭА с применением микросхем необходимо пользоваться не типовыми значениями электрических параметров, а гарантированными из таблиц электрических параметров.

Применение микросхем в конкретной аппаратуре определяется степенью соответствия параметров микросхемы (электрических и эксплуатационных) тем требованиям, которые предъявляет к ней аппаратура.

Все замечания и предложения по улучшению справочника авторы просят направлять по адресу: 101000, Москва, Чистопрудный бул., издательство «Радио и связь», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Авторы

Раздел первый

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

1-1. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Микроэлектроника — область электроники, охватывающая проблемы исследования, конструирования, изготовления и применения микроэлектронных изделий.

Микроэлектронное изделие — электронное устройство с высокой степенью интеграции.

Степень интеграции интегральной микросхемы — показатель степени сложности микросхемы, характеризуемый числом содержащихся в ней элементов и компонентов.

Степень интеграции микросхемы определяется по формуле $K=\lg N$, где K — коэффициент, определяющий степень интеграции, округляемый до ближайшего большого целого числа; N — число входящих в микросхему элементов и компонентов.

Интегральная микросхема — микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигнала и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов (или элементов и компонентов) и (или) кристаллов, которые с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации рассматриваются как единое целое.

Элемент интегральной микросхемы — часть микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая выполнена нераздельно от кристалла или подложки и не может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации (к электрорадиоэлементам относятся транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы и др.).

Компонент интегральной микросхемы — часть микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации.

Кристалл интегральной микросхемы — часть полупроводниковой пластины, в объеме и на поверхности которой сформированы элементы полупроводниковой микросхемы, межэлементные соединения и контактные площадки.

Полупроводниковая интегральная микросхема — микросхема, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в объеме и на поверхности полупроводника.

Пленочная интегральная микросхема (пленочная микросхема) — микросхема, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в виде пленок.

Гибридная интегральная микросхема (гибридная микросхема) — микросхема, содержащая, кроме элементов, компоненты и (или) кристаллы (одна из разновидностей — многокристальная ИМС).

Аналоговая интегральная микросхема — микросхема, предназначенная для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по зако-

ну непрерывной функции [частный случай аналоговой ИМС — микросхема с линейной характеристикой (линейная микросхема)].

Цифровая интегральная микросхема — микросхема, предназначенная для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции (одним из видов цифровых микросхем является логическая ИМС).

Корпус интегральной микросхемы — часть конструкции микросхемы, предназначенная для ее защиты от внешних воздействий и для соединения с внешними электрическими цепями посредством выводов.

Серия интегральных микросхем — совокупность типов микросхем, которые могут выполнять различные функции, имеют единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначены для совместного применения.

1-2. ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУКЦИЯ

Современные микросхемы развиваются преимущественно по двум базовым конструктивно-технологическим разновидностям: полупроводниковые интегральные микросхемы и гибридные интегральные микросхемы.

Основой технологического процесса изготовления полупроводниковых микросхем является планарный процесс, обеспечивающий одновременное изготовление большого количества микросхем на одной пластине полупроводникового материала.

В кристалле полупроводника могут быть созданы активные структуры, эквивалентные как биполярным, так и полевым транзисторам. Разработана также технология изготовления в пределах одного кристалла и биполярных и полевых структур, что позволяет использовать положительные свойства и тех и других элементов.

Гибридные интегральные микросхемы изготавливаются в основном с применением двух базовых технологических процессов:

получения толстых пленок методом шелкографии;

получения тонких пленок методом термического вакуумного осаждения и др.

Микросхемы, изготовленные методом шелкографии, получили название толстопленочных, а изготовленные методами вакуумного напыления, ионно-плазменного, реактивного распыления — тонкопленочных интегральных микросхем.

В виде пленок на подложке из диэлектрика создаются резисторы, конденсаторы, токоведущие дорожки, контактные площадки. Активные элементы (бескорпусные микросхемы, транзисторы, диоды) приклеиваются к подложке, а их выводы привариваются к соответствующим контактным площадкам.

Для защиты микросхем от внешних воздействий их помещают в герметизированные корпуса. Корпуса стандартизированы ГОСТ 17467-72, согласно которому они делятся на четыре типа, отличающиеся формой и расположением выводов (табл. 1-1).

Таблица 1-1

Тип корпуса	Форма основания корпуса	Расположение выводов относительно основания
1	Прямоугольная	В пределах основания, перпендикулярно ему
2	Прямоугольная	За пределами основания, перпендикулярно ему
3	Круглая	В пределах основания, перпендикулярно ему
4	Прямоугольная	Параллельно плоскости основания, за его пределами

По габаритным и присоединительным размерам корпуса подразделяются на типономиналы, каждому из которых присваивается шифр, состоящий из обозначения типа корпуса (1, 2, 3 или 4) и двузначного числа (от 01 до 99), обозначающего номер типоразмера. Условное обозначение корпуса состоит из шифра типоразмера корпуса, числа, указывающего количество выводов, и номера

модификации. Например, корпус 301.12-1 — это круглый корпус типа 3, типоразмера 01, с 12 выводами, модификация первая.

Условные обозначения микросхем и их корпусов, помещенных в настоящем справочнике, приведены в табл. 1-2, а чертежи корпусов — на рис. 1-1—1-15.

Габаритные и присоединительные размеры на чертежах указаны без учета специальных элементов или устройств для дополнительного отвода тепла. Первый вывод микросхем в прямоугольном корпусе всегда имеет отличительный

Таблица 1-2

Условные обозначения		Номер рисунка
микросхемы	корпуса	
К140УД1, К140УД2, К140УД5, К140УД9	301.12-1	Рис. 1-1
К140УД6, К140УД7, К140УД8, К140УД11, К140УД12, К167УН3	301.8-2	Рис. 1-2
К174УН3, К174УН5, К174УН7, К174УН8, К174УН9	238.12-1	Рис. 1-3
К118УД1, К118УН1, К118УН2, К174УР1, К174УР3	201.14-6	Рис. 1-4
К553УД1, К553УД2, К157УН1, К157ХА1, К157ХА2	201.14-1	Рис. 1-5
К174УР2	238.16-4	Рис. 1-6
К284УД1, К284УД2	151.15-4	Рис. 1-7
К148УН1	311.8-2	Рис. 1-8
К123УН1	401.14-1	Рис. 1-9
К175УВ1, К175УВ2, К175УВ3, К175УВ4, К198УТ1, К198УН1	401.14-4	Рис. 1-10
К142ЕН1, К142ЕН2	402.16-2	Рис. 1-11
К2УС371, К2УС372, К2УС373, К2УС375, К2ЖА371, К2ЖА372, К2ЖА373, К2ЖА375, К2ЖА376	«Кулон»[1]	Рис. 1-12
К148УН2	311.10-1	Рис. 1-13
К224УН16	422.12-1	Рис. 1-14
К224УН17	426.18-1	Рис. 1-15

[1] Не соответствует ГОСТ 17467—72.

признак: либо он короче остальных, либо он имеет ступеньку, либо против него на корпусе микросхемы ставят точку и т. д. Для микросхем в круглом корпусе первый вывод легко находится с помощью соответствующего ключа. Им является первый от ключа вывод по часовой стрелке, если смотреть на корпус снизу.

Рис. 1-1. Корпус типа 301.12-1.

Рис. 1-2. Корпус типа 301.8-2.

Рис. 1-3. Корпус типа 238.12-1

Рис. 1-4. Корпус типа 201.14-6.

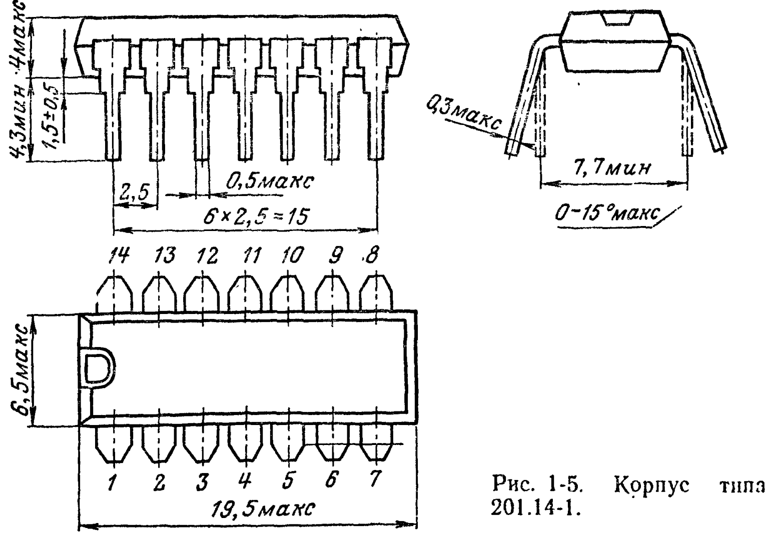


Рис. 1-5. Корпус типа 201.14-1.

Рис. 1-6. Корпус типа 238.16-4.

Рис. 1-7. Корпус типа 151.15-4.

Рис. 1.8. Корпус типа 311.8-2.

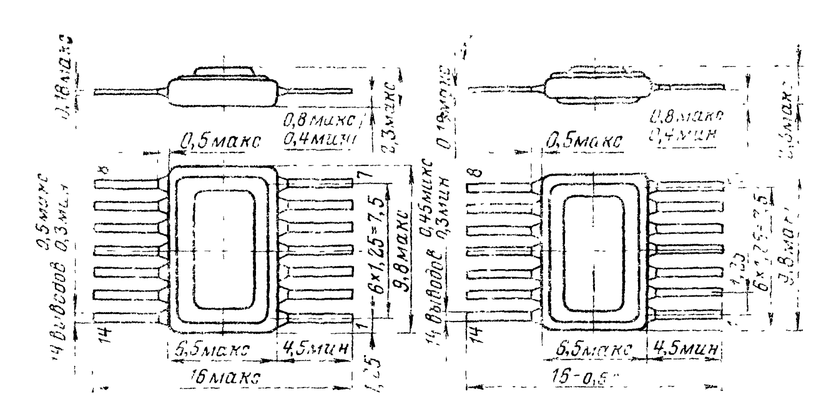


Рис 1-9 Корпус типа 401.14 1.

Рис 1-10. Корпус типа 401.14-4.

Рис 1-11 Корпус типа 402.16-2.

Рис. 1-12. Корпус типа «Кулон».

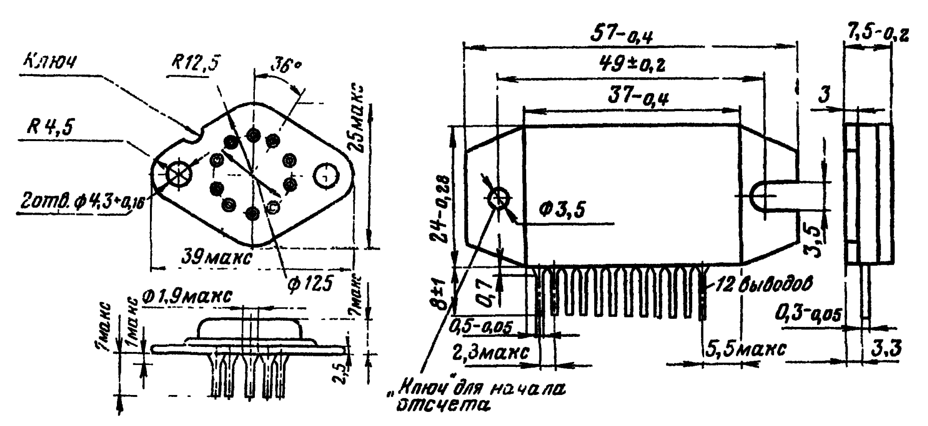


Рис. 1-13. Корпус типа 311.10-1.   Рис. 1-14. Корпус типа 422.12-1.

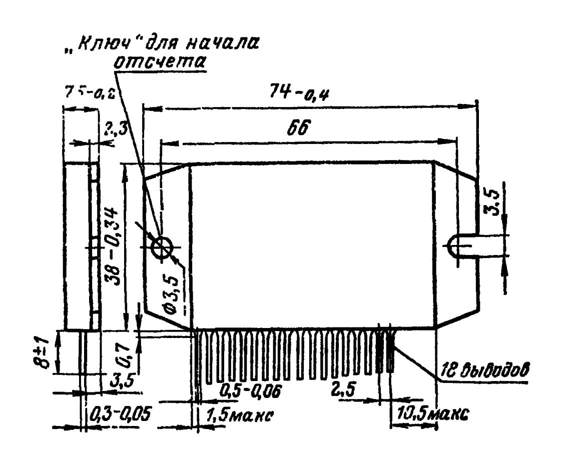


Рис. 1-15. Корпус типа 426.18-1.

1-3. КЛАССИФИКАЦИЯ АНАЛОГОВЫХ МИКРОСХЕМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Для того чтобы микросхемы отличать друг от друга, на их корпусах маркируются условные обозначения.

Условное обозначение представляет собой код, отражающий конструктивно-технологические особенности микросхемы и характер выполняемой функции. Условное обозначение микросхем, выпущенных после 1974 г., состоит из трех элементов.

Первый элемент — три цифры, указывающие номер серии, причем первая цифра обозначает конструктивно-технологическое исполнение микросхем:

1; 5 — полупроводниковые,
2; 4; 8 — гибридные,
3 — пленочные,
7 — бескорпусные;

вторые две цифры — порядковый номер разработки серии микросхем (от 00 до 99).

Второй элемент — две буквы, отражающие функциональное назначение микросхем.

Третий элемент — порядковый номер одноименных по функциональному признаку микросхем в данной серии.

Часто за третьим элементом обозначения следует буква, указывающая на то, что микросхема данного типа имеет группы, различные по одному или нескольким параметрам.

Перед условным обозначением микросхем, предназначенных для бытовой и промышленной аппаратуры, ставится буква К.

В условных обозначениях микросхем, разработанных до 1974 г., второй элемент (две буквы) стоит сразу после первой цифры серии, при этом буквенные обозначения некоторых микросхем отличаются от принятых в настоящее время. Старые и новые буквенные обозначения интегральных усилителей и вторичных источников питания приведены в табл. 1-3.

Таблица 1-3

Функции, выполняемые микросхемами [1]	Буквенные обозначения	
	до 1974 г.	после 1974 г.
Усилители:		
высокой частоты [2]	—	УВ
промежуточной частоты [2]	—	УР
низкой частоты [2]	—	УН
импульсные [2]	УИ	УИ
постоянного тока [2]	УТ	УТ
повторители	УЭ	УЕ
видеосигналов	УБ	—
синусоидальных сигналов [3]	УС	—
операционные и дифференциальные [2]	—	УД
прочие	—	УП
Микросхемы для вторичных источников питания:		
выпрямители	—	ЕВ
преобразователи	—	ЕМ
стабилизаторы напряжения	ЕН	ЕН
стабилизаторы тока	ЕТ	ЕТ
прочие	—	ЕП

[1] Полный перечень функций, выполняемых микросхемами, и их буквенные обозначения приведены в ГОСТ 18682—73.

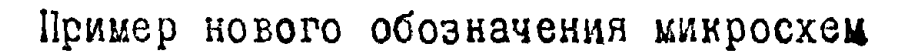
[2] Усилители напряжения или мощности (в том числе малошумящие).

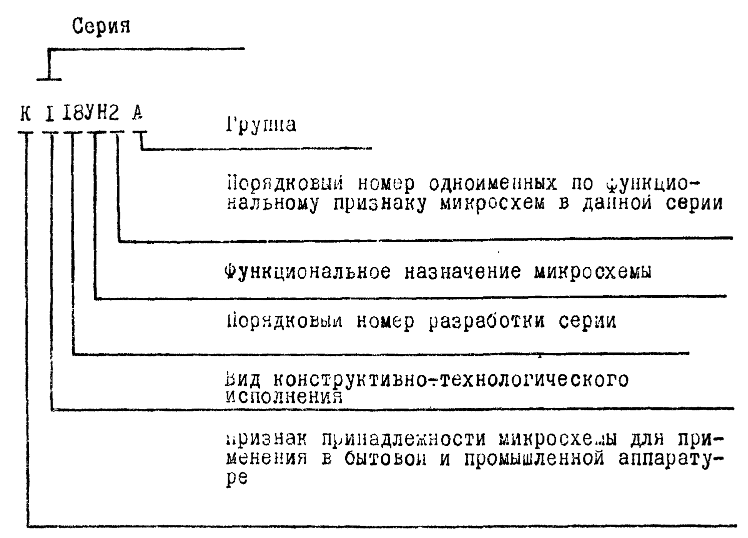
[3] Независимо от рабочего диапазона.

1-4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

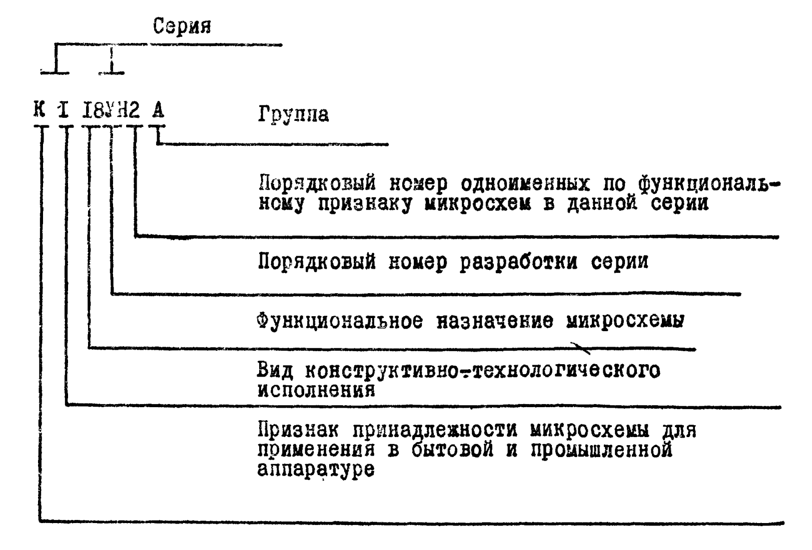
При проектировании и изготовлении микросхем особое внимание уделяется обеспечению сохранения их параметров в условиях максимально приближающихся к реальным в радиоэлектронной аппаратуре. В связи с этим микросхемы проходят испытания при пониженной и повышенной температуре, при различных давлениях и механических нагрузках и т. д. На основании таких испытаний устанавливаются диапазон температур и других условий, при которых микросхемы удовлетворяют предъявленным к ним требованиям.

В табл. 1-4 приведены условия эксплуатации микросхем, помещенных в настоящем справочнике, при которых гарантируется минимальная наработка микросхем — не менее 10 000 ч.





Пример старого обозначения этой же микросхемы



Для повышения надежности микросхем рекомендуется проектировать узлы и блоки РЭА таким образом, чтобы микросхемы в них работали в облегченных режимах — номинальная температура окружающей среды, пониженные механические нагрузки, номинальный электрический режим и др.

Таблица 1-4

Номер серии	Климатические воздействия			Механические воздействия			
	Интервал температур t, °C	Относительная влажность		Вибрация		Линейные ускорения, g	Многократные удары с ускорением, g
		%	при t, °C	диапазон частот, Гц	ускорение, g		
К123	—60 ÷ +85	98	25	1—600	10	25	75
К142, К504, К175, К140 (К140УД5, К140УД7), К167 (К167УН3)	—45 ÷ +85	98	25	1—600	10	25	75
К553	—45 ÷ +85	98	25	1—600	10	25	150
К198 (К198УТ1, К198УН1)	—45 ÷ +85	98	25	1—500	40	150	150
К140 (К140УД1, К140УД2, К140УД8, К140УД9), К544, К142, К148 (К148УН1)	—45 ÷ +70	98	25	1—600	10	25	75
К284	—45 ÷ +55	98	25	1—600	10	25	75
К174 (К174УН1, К174УН3)	—30 ÷ +55	98	40	1—600	10	25	75
К148 (К148УН2), К237	—25 ÷ +55	98	25	1—600	10	25	75
К174 (К174УН8, К174УР3)	—25 ÷ +55	98	40	1—600	10	25	75
К157	—25 ÷ +70	98	25	1—600	10	25	75
К140 (К140УД6, К140УД11), К118	—10 ÷ +70	98	25	1—600	10	25	75
К174 (К174УР1)	—10 ÷ +60	93	25	1—600	10	25	75
К174 (К174УР2)	—10 ÷ +60	95	25	1—600	10	25	75
К224	—10 ÷ +55	98	25	1—600	10	25	15
К174 (К174УН7, К174УН9)	—10 ÷ +55	98	25	1—600	10	25	75

Раздел второй

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Дифференциальные усилители (ДУ) являются одними из наиболее часто применяемых изделий микроэлектроники в радиолюбительской практике.

На рис. 2-1 символически представлен ДУ, который имеет два входа и обычно два выхода. Основная задача ДУ — получить на выходе напряжение, пропорциональное лишь разности потенциалов на входах ДУ и не зависящее от их абсолютного значения, от изменения напряжения питания, температуры окружающей среды и других факторов, т. е.

$$U_{\text{вых}} = (U_{\text{вх}\,1} - U_{\text{вх}\,2})\, K_{\text{у}\,U},$$

где $K_{\text{у}U}$ — коэффициент усиления ДУ.

Выражение выходного напряжения не содержит постоянной составляющей входного напряжения, и теоретически ДУ не усиливает общий (синфазный) для обоих входов сигнал, так как постоянный уровень подавляется в результате вычитания и не будет влиять на выходное напряжение. Однако практически полного подавления постоянного уровня добиться трудно. Напряжение на выходе зависит в некоторой степени от синфазных входных напряжений. Это происходит из-за того, что параметры даже интегральных транзисторов и резисторов не могут быть идеально согласованы. Поэтому выражение для выходного напряжения ДУ примет вид:

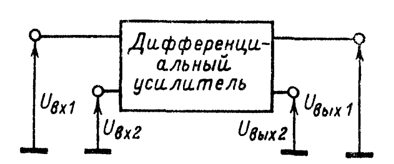


Рис. 2-1. Структурная схема дифференциального усилителя.

$$U_{\text{вых}} = K_{\text{у}\,U}\,(U_{\text{вх}\,1} - U_{\text{вх}\,2}) + K_{\text{у.сф}}\, U_{\text{сф.вх}},$$

где $K_{\text{у.сф}}$ — коэффициент усиления синфазного входного напряжения; $U_{\text{сф.вх}}$ — напряжение между каждым из входов ДУ и общим выводом схемы, амплитуды и фазы которых совпадают.

Коэффициент усиления напряжения — основной параметр ДУ. В зависимости от способа подключения нагрузки различают плечевой и дифференциальный коэффициенты усиления напряжения. Если нагрузка подключается к одному из выходов схемы и корпусу (несимметричное подключение нагрузки), то реализуется плечевой коэффициент усиления напряжения:

$$K_{\text{у}\,U1} = \frac{\Delta U_{\text{вых}\,1}}{U_{\text{вх}1} - U_{\text{вх}2}}.$$

При подключении нагрузки между выходами (симметричное подключение нагрузки) реализуется дифференциальный коэффициент усиления напряжения, который равен сумме двух плечевых коэффициентов усиления напряжения:

$$K_{\text{у}\,U} = K_{\text{у}\,U1} + K_{\text{у}\,U2} = \frac{\Delta U_{\text{вых}\,1} + \Delta U_{\text{вых}\,2}}{U_{\text{вх}\,1} - U_{\text{вх}\,2}}.$$

Одним из показателей качества ДУ является коэффициент ослабления синфазного входного напряжения, который определяется выражением

$$K_{\text{ос.сф}} = K_{\text{у}\,U}/K_{\text{у.сф}};$$

чем выше значение $K_{\text{ос.сф}}$, тем качественней ДУ по данному параметру.

Простейшая принципиальная схема ДУ приведена на рис. 2-2. Усилитель состоит из дифференциального каскада, выполненного на транзисторах *T1* и *T2* с нагрузочными резисторами *R2* и *R4*. Базы транзисторов являются входами усилителя, а выходное напряжение снимается с одного из коллекторов транзисторов *T1*, *T2* (несимметричное подключение нагрузки) либо нагрузка включает-

ся между коллекторами двух транзисторов (симметричное подключение нагрузки).

Сумма токов, протекающих через эмиттеры транзисторов *T1*, *T2*, не зависит от напряжений на входах усилителя, а целиком определяется режимом генератора стабильного тока (ГСТ), выполненного на транзисторе *T3* (*R1*, *R3* служат для задания режима работы ГСТ, а *Д1* — для температурной стабилизации рабочей точки ГСТ):

$$I_{Э1} + I_{Э2} = I_0,$$

где I_0 — ток генератора стабильного тока.

При равенстве потенциалов на входе ДУ, если учесть хорошее согласование электрических параметров транзисторов *T1* и *T2* и резисторов *R2* и *R4*, значения эмиттерных токов будут равны между собой, т. е. $I_{Э1} = I_{Э2} = I_0/2$ и соответственно токи коллекторов также будут равны $I_{К1} = I_{К2} = h^*_{21} I_0/2$, где h^*_{21} — коэффициент передачи тока транзистора в схеме с общей базой.

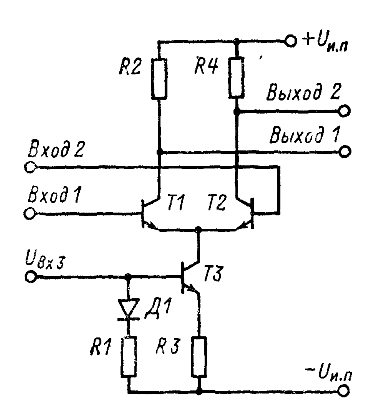


Рис. 2-2. Простейшая схема дифференциального усилителя.

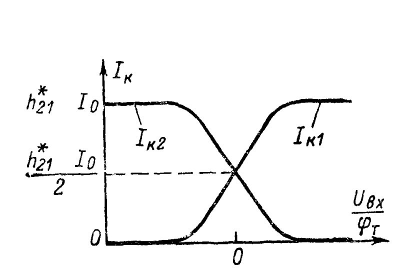


Рис. 2-3. Передаточные характеристики дифференциального усилителя.

Если при изменении напряжения питания усилителя или при изменении температуры потенциалы на входах ДУ изменяются на одну и ту же величину (синфазно), то это не окажет практического влияния на выходной сигнал, так как токи в цепях коллекторов не изменят своего значения. При появлении на входах ДУ разности потенциалов (дифференциальный сигнал) ток ГСТ будет перераспределяться между транзисторами *T1* и *T2* следующим образом:

$$I_{К1} = \frac{h^*_{21} I_0 \exp U_{вх}/\varphi_т}{\exp U_{вх}/\varphi_т + 1};$$

$$I_{К2} = \frac{h^*_{21} I_0}{\exp U_{вх}/\varphi_т + 1},$$

где $U_{вх} = U_{вх1} - U_{вх2}$; $\varphi_т$ — температурный потенциал перехода база — эмиттер транзистора, равный 0,26 мВ.

Приведенные выражения описывают передаточные характеристики ДУ, типовые графики которых приведены на рис. 2-3.

При $U_{вх} = 0$ транзисторы *T1* и *T2* сбалансированы по току $I_{К1} = I_{К2} = h^*_{21} I_0/2$, а потенциалы коллекторов $U_{0\,вых}$ равны между собой.

В реальных микросхемах в силу неидентичности параметров транзисторов дифференциальной пары *T1*, *T2* и резисторов *R2* и *R4* потенциалы коллекторов будут несколько различаться. Для балансировки (выравнивания потенциалов коллекторов с заданной точностью) на вход ДУ подают напряжение смещения $U_{см}$.

Напряжения на входах ДУ вызывают токи $I_{вх1}$ по входу 1 и $I_{вх2}$ по входу 2. Эти токи могут быть разные как по абсолютной величине, так и по знаку. Средний входной ток определяют как

$$I_{вх} = \frac{I_{вх1} + I_{вх2}}{2}.$$

Параметры $U_{см}$, $I_{вх}$ с изменением температуры, напряжений питания и других факторов изменяют свои значения (дрейфуют). Чем больше значения параметров $U_{см}$, $I_{вх}$, $\Delta I_{вх} = I_{вх1} - I_{вх2}$ и их дрейфов $\Delta U_{см}$, $\Delta I_{вх}$, $\Delta\Delta I_{вх}$, больше, тем несовершенней дифференциальный усилитель. Значения этих параметров определяют чувствительность ДУ — соизмеримый с ней входной сигнал не может быть различим.

При $U_{вх} \leqslant \varphi_т$ (рис. 2-3) передаточные характеристики близки к линейным. На этом участке коэффициент усиления при несимметричной нагрузке равен:

$$K_{у\,U} = \frac{h_{21}^{*} I_0 R}{4\varphi_т},$$

где R — сопротивление коллекторного резистора $R2(R4)$ и параллельно включенной с ним внешней нагрузки $R_н$.

Когда входное напряжение превышает $3\varphi_т$, дифференциальный каскад переходит в режим насыщения, коллекторный ток одного из транзисторов этого каскада становится практически равным нулю, а другого — $h^{*}_{21}I_0$. Дальнейшее увеличение входного напряжения не изменяет распределения токов транзисторов *Т1* и *Т2*.

Благодаря наличию участков насышения на передаточных характеристиках ДУ может быть использован для построения схем ограничителя, триггера Шмитта, мультивибраторов. Схема ГСТ обеспечивает возможность регулирования коэффициента усиления ДУ путем изменения тока ГСТ при подаче управляющего напряжения на базу транзистора *Т3*. Изменение тока ГСТ приводит к изменению крутизны вольт-амперной характеристики $S_{ВА}$ дифференциального каскада. При этом выходные токи ДУ будут зависеть как от входного напряжения, так и от изменения тока ГСТ. Следовательно, ДУ может использоваться как множительное устройство и применяться для построения схем смесителей и умножителей частоты, модуляции и детектирования.

Так как сопротивления коллекторных цепей транзисторов *Т1* и *Т2* являются сравнительно большими, то это позволяет строить на основе ДУ генераторы и формирователи токов и напряжения.

Все эти свойства интегрального ДУ, а также возможность каскадирования по постоянному току позволили использовать его как универсальный базовый элемент для построения сложных аналоговых ИМС, в связи с чем ДУ выпускаются как в виде кристаллов для гибридных аналоговых микросхем, так и в виде конструктивно законченных ИМС, основные из которых представлены ниже.

МИКРОСХЕМА К118УД1

Микросхема представляет собой однокаскадный дифференциальный усилитель постоянного тока (рис. 2-4, *а*). Схема состоит из дифференциальной пары транзисторов *Т1*, *Т4* с коллекторными нагрузками *R1*, *R5*, ГСТ, выполненного на транзисторе *Т2*, и цепи смещения, состоящей из резисторов *R3*, *R4*, *R6* и транзистора *Т3* в диодном включении. Цепь смещения служит для задания режима работы ГСТ и температурной стабилизации этого режима. Типовая схема включения микросхемы К118УД1 приведена на рис. 2-4, *б*.

В зависимости от напряжения питания, коэффициента усиления, входных токов, разности входных токов и других параметров микросхемы делятся на группы А, Б и В.

Номинальные напряжения питания микросхемы К118УД1А минус 4 В, плюс 4 В, а микросхем К118УД1Б и К118УД1В минус 6,3 В, плюс 6,3 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±10%.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К118УД1 приведены в табл. 2-1.

Электрические параметры микросхемы К118УД1 при номинальных напряжениях питания и $R_н = \infty$ приведены в табл. 2-2.

Зависимости электрических параметров ДУ К118УД1 от режимов применения и температуры окружающей среды приведены на рис. 2-5 — 2-11.

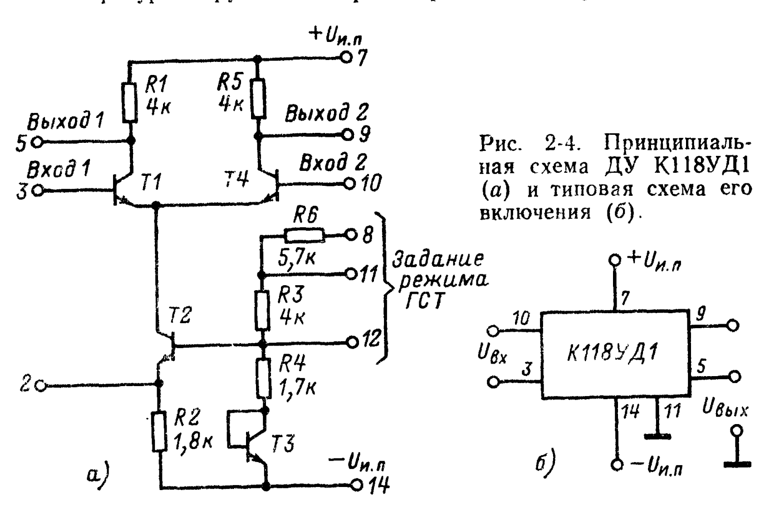


Рис. 2-4. Принципиальная схема ДУ К118УД1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Таблица 2-1

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры			
	К118УД1А		К118УД1Б, В	
	не менее	не более	не менее	не более
Напряжения питания [1]:				
положительного источника $+U_{и.п}$, В	2,7	4,4	2,7	6,9
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	−4,4	−2,7	−6,9	−2,7
Напряжение, подаваемое на любой вход при другом заземленном $U_{вх}$, В	−2*	1*	−3*	1*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	−2*	2*	−3*	3*
Ток потребления по выводу *14* $I_{пот\ 14}$, мА	—	2	—	2,5

[1] Первым подключается $+U_{и.п}$, а вторым $-U_{и.п}$, если нельзя обеспечить одновременное их подключение, а затем подаются входные сигналы. Выключение следует производить в обратной последовательности или одновременно.

* При $U_{и.п} \leqslant U_{и.п\ ном} - 10\%$ $U_{вх}$, $U_{сф.вх}$ должны быть уменьшены пропорционально понижению питающих напряжений.

Токи потребления (рис. 2-5), а также коэффициент усиления ДУ К118УД1 уменьшаются пропорционально уменьшению питающих напряжений.

Коэффициент усиления ДУ прямо пропорционален току ГСТ, который в свою очередь зависит от тока, протекающего в цепи смещения. Ток смещения зависит от способа подключения выводов *8* и *11* цепи смещения и напряжения источников питания. Из рис. 2-8 видно, что максимальный коэффициент усиления схем достигается при подключении вывода *8* к положительному источнику питания. При заземлении вывода *11* коэффициент усиления почти не изменяется. В это время нет потребления тока от положительного источника питания цепью смеще-

Таблица 2-2

Параметр	Нормы на параметры К118УД1			t, °C	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот\ 7}$, мА	1,0	1,3	1,3	25	$U_{вх}=0$
$I_{пот\ 14}$, мА	1,8	2,4	2,4	25	
$U_{0\ вых}$, В	2,5—3,3 2,4—3,4 2,4—3,4	4,0—4,9 3,8—4,7 4,1—5,1	4,0—4,9 3,8—4,7 4,1—5,1	25 70 —10	
$U_{см}$, мВ	±5	±5	±10	25	$U_{5,9} \leqslant 12$ мВ
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	±30	±30	±50	25—70; —10÷+25	
$I_{вх}$, мкА	10 6 25	10 6 25	20 12 50	25 70 —10	
$\Delta I_{вх}$, мкА	±2 ±5,5	±2 ±5,5	±4 ±11	25—70 —10	
$K_{у\ U}$	15 5	22 8	22 8	25 25	$U_{вх}=10$ мВ, $f=12$ кГц $f=5$ МГц
$\Delta K_{у\ U}$, %	—30÷+45	—30÷+45	—30÷+45	25—70; —10÷+25	$U_{вх}=10$ мВ, $f=12$ кГц
$K_{ос.сф}$, дБ	60	60	60	25	$U_{вх}=1$ В, $f=12$ кГц
$K_г$, %	5	5	5	25	$f=12$ кГц, $U_{вых}=0,3$ В для групп А, Б, $U_{вых}=0,4$ В для группы В
$R_{вх}$, кОм	6	6	3	25	$f=12$ кГц
$R_{вых}$, кОм	3—7	3—7	3—7	25	

ния. Оптимальным режимом работы микросхемы считается режим при заземленном выводе *11*, при этом через цепь смещения протекают токи.

для микросхем группы А

$$I_{см} = \frac{U_{и.п} - U_{ЭБ\ T3}}{R3 + R4} = \frac{4,0\,В - 0,7\,В}{4,0\ кОм + 1,7\ кОм} = 0,65\ мА;$$

для микросхем групп Б и В, у которых $U_{и.п} = \pm 6,3$ В, ток смещения ГСТ, рассчитанный по той же формуле, будет равен приблизительно 1 мА.

В связи с тем, что значения сопротивлений резисторов *R2* и *R4* примерно равны, то ток, протекающий в цепи ГСТ, будет также практически равен току в цепи смещения.

Часто, стремясь повысить коэффициент усиления схемы, пытаются увеличить ток ГСТ путем параллельного соединения внутренних резисторов микросхемы *R3* и *R5* (замыкают выводы *8* и *12*, вывод *11* заземляют).

При этом через цепь смещения ГСТ потечет ток, превышающий номинальный для микросхем групп Б и В:

$$I_{\text{см}} = \frac{U_{\text{и.п}} - U_{\text{ЭБ }T3}}{R3 + R6 \parallel R3} = \frac{6{,}3 - 0{,}7}{1{,}7 + 4 \cdot 5{,}7/(4 + 5{,}7)} \approx 1{,}4 \text{ мА}.$$

В цепи источника неизменного тока будет протекать ток такого же значения, а суммарный ток потребления от отрицательного источника питания (ток через вывод *14*) будет составлять 2,8 мА. Из энергетических соображений и, следовательно, надежности схемы не рекомендуется превышение тока потребления по выводу *14* больше 2,5 мА для микросхем групп Б, В и 2 мА для микросхем группы А.

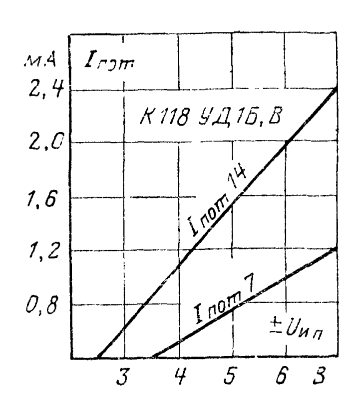


Рис. 2-5. Зависимость тока потребления ДУ К118УД1Б, К118УД1В от напряжений питания.

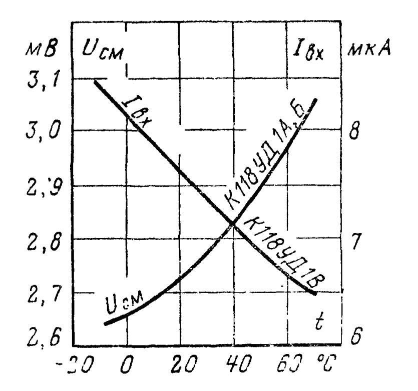


Рис. 2-6. Зависимости напряжения смещения и входного тока ДУ К118УД1 от температуры окружающей среды.

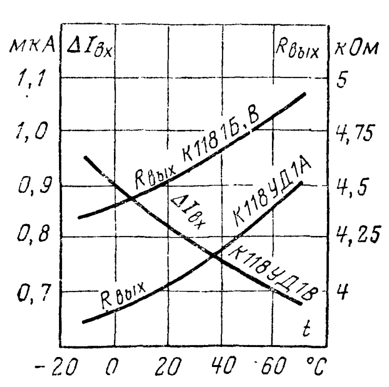


Рис. 2-7. Зависимости разности входных токов и выходного сопротивления ДУ К118УД1 от температуры окружающей среды.

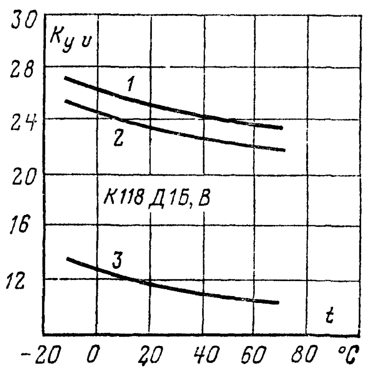
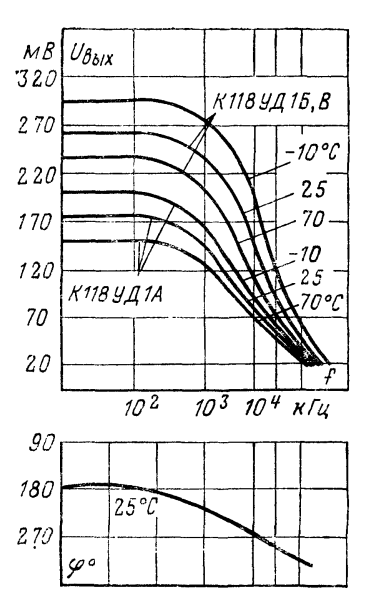


Рис. 2-8. Зависимости коэффициента усиления ДУ К118УД1 от температуры окружающей среды при различных режимах ГСТ.

1 — вывод *8* подключен к $+U_{\text{и.п}}$; *2* — вывод *11* заземлен; *3* — вывод *8* заземлен.



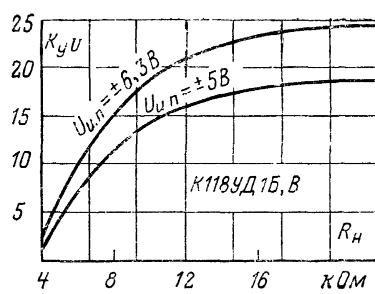


Рис. 2-10. Зависимости коэффициента усиления ДУ К118УД1 от сопротивления нагрузки при различных значениях напряжений питания.

←

Рис. 2-9. Амплитудно-частотные и фазовая характеристики ДУ К118УД1 при различных значениях температуры окружающей среды.

Из тех же соображений не рекомендуется шунтировать резистор *R2* подключением внешнего резистора к выводам *2* и *14*.

Сопротивление нагрузки с вывода *5* или *9* относительно корпуса рекомендуется выбирать не менее 20 кОм, в противном случае будет падать коэффициент усиления ДУ (см. рис. 2-10).

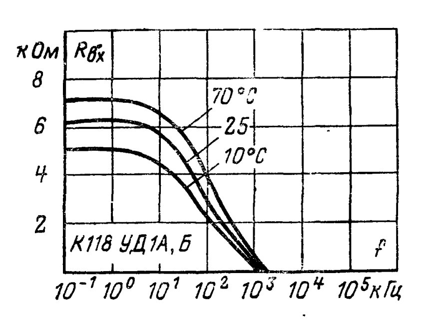


Рис. 2-11. Зависимости входного сопротивления ДУ К118УД1 от частоты входного сигнала при различных значениях температуры окружающей среды.

МИКРОСХЕМА К175УВ2

Микросхема К175УВ2 (рис. 2-12, *а*) предназначена для усиления сигналов преимущественно переменного тока.

Микросхема содержит в своем составе схему собственно ДУ (транзисторы *Т1*, *Т4*—*Т6*) и два транзистора *Т2* и *Т3*, на которых возможно построение входных или выходных эмиттерных повторителей. Отсутствие коллекторных нагрузок позволяет обеспечить подключение различных избирательных цепей. Режим работы схемы по постоянному току задается при помощи цепи смещения, выполненной на транзисторе *Т1* и резисторах *R2* и *R3*. Резисторы *R6* и *R7* служат для подачи напряжения смещения в цепи баз дифференциальной пары транзисторов *Т4* и *Т6*.

Типовая схема включения микросхемы К175УВ2 приведена на рис. 2-12, *б*.

Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6,0 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального значения ±10%.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К175УВ2 приведены в табл. 2-3.

В зависимости от полосы пропускания микросхемы К175УВ2 делятся на группы А и Б. Микросхема К175УВ2А имеет верхнюю граничную частоту около 40 МГц, а К175УВ2Б — 55 МГц. В связи с тем, что ДУ предназначен для работы на переменном токе, его параметры постоянного тока, такие как $U_{см}$, $I_{вх}$, $\Delta I_{вх}$ и др., не контролируются.

Таблица 2-3

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение питания на выводе 8 $+U_{и.п}$, В	—	6,6
Входное напряжение $U_{вх}$, В	—2	2
Синфазное входное напряжение $U_{сф\ вх}$, В	—3	3
Напряжение между выводами 5 и 1, 4 и 1 $U_{5,1}$, $U_{4,1}$, В	—	9
Ток коллектора эмиттерных повторителей $I_к$, мА	—	2
Обратное напряжение на базах транзисторов Т2, Т3 $U_{ЭБ\ макс}$, В	—	3
Рассеиваемая мощность на одном транзисторе (Т2, Т3) при температуре окружающей среды до 85° С $P_{рас}$, мВт	—	10

Электрические параметры микросхемы К175УВ2 при номинальном напряжении питания и $R_н = \infty$ приведены в табл. 2-4.

Таблица 2-4

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	3,5 4,0	25 —45	$U_{вх}=0$ $U_{и.п}=6{,}6$ В, $U_{вх}=0$
$U_{4,1}$, $U_{5,1}$, В $U_{10,1}$, $U_{11,1}$, В	3,5—5,2 1,9—2,5	25 25	$U_{вх}=0$
$S_{ВА}$, мА/В $\Delta S_{ВА}$, %	10 —50 30	25 25—85 —45÷+25	$U_{вх}=10$ мВ, $f=465$ кГц
$K_ш$	10	25	$f=20$ МГц
$K_{АРУ}$*, дБ	60 40	25	$U_{вх}=20$ мВ, $f=1$ МГц $f=10$ МГц
$R_{вх}$, кОм	1,0	25	$f=100$ кГц
$K_{ос.сф}$, дБ	60	25	

* Значение постоянного напряжения по цепи АРУ, соответствующее началу работы электронной регулировки в нормальных условиях, от 2,1 до 2,4 В.

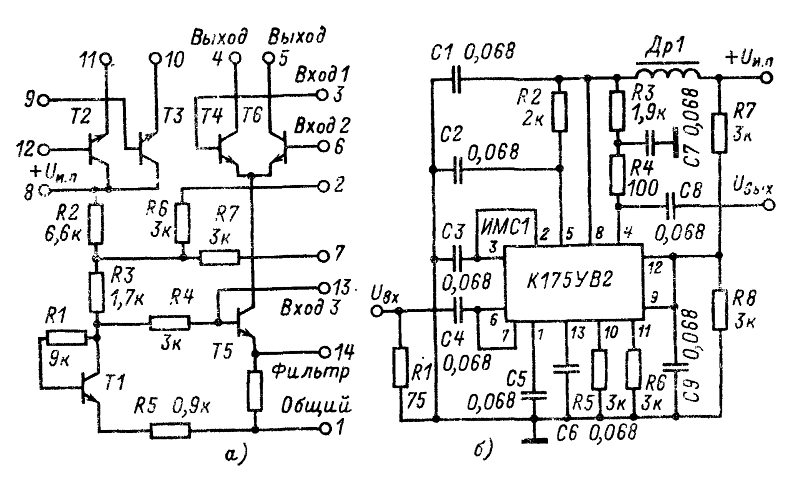


Рис. 2-12. Принципиальная схема ДУ К175УВ2 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

На рис. 2-13 приведена одна из возможных схем УВЧ с регулируемым коэффициентом усиления, реализованная на основе К175УВ2, а на рис. 2-14 — зависимость коэффициента усиления этой схемы от управляющего напряжения.

Зависимость крутизны вольт-амперной характеристики микросхемы К175УВ2 от температуры окружающей среды приведена на рис. 2-15.

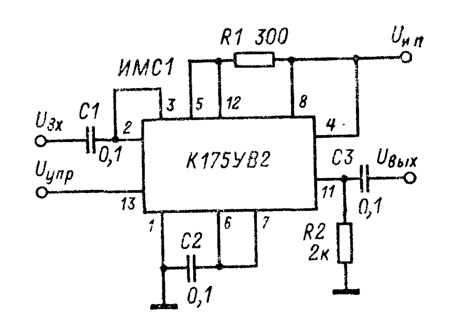
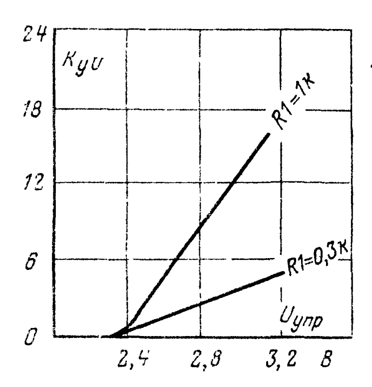


Рис. 2-13. Схема усилителя высокой частоты с регулируемым коэффициентом усиления.



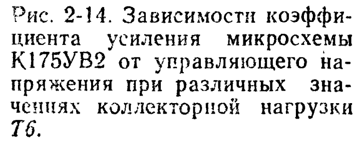


Рис. 2-14. Зависимости коэффициента усиления микросхемы К175УВ2 от управляющего напряжения при различных значениях коллекторной нагрузки *Т6*.

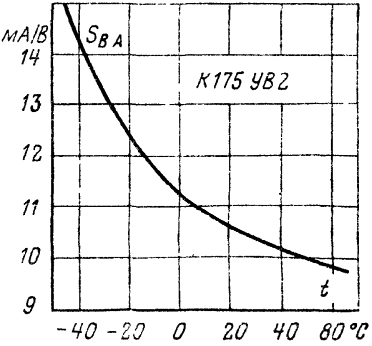


Рис. 2-15. Зависимость крутизны вольт-амперной характеристики микросхемы К175УВ2 от температуры окружающей среды.

МИКРОСХЕМА К175УВ4

Микросхема К175УВ4 представляет собой ДУ (рис. 2-16, *а*), предназначенный для усиления сигналов высокой частоты. Типовая схема включения микросхемы К175УВ4 приведена на рис. 2-16, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6,0 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального значения ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К175УВ4 приведены в табл. 2-5.

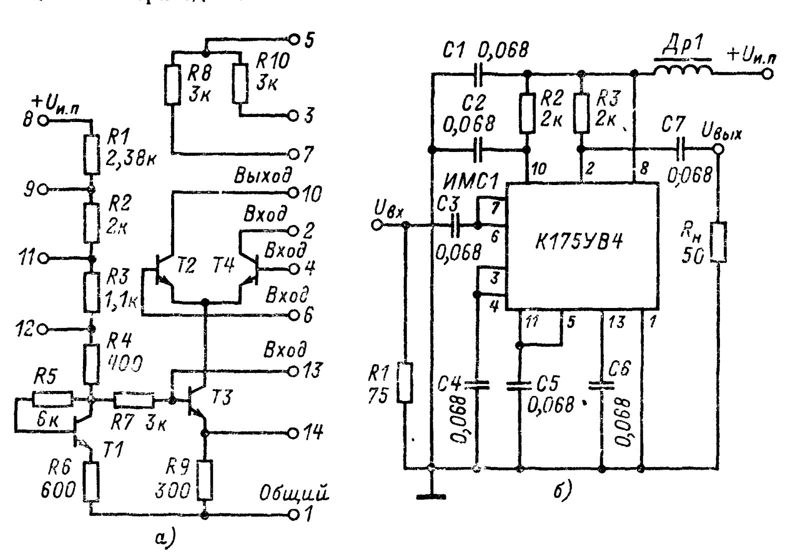


Рис. 2-16. Принципиальная схема ДУ К175УВ4 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Электрические параметры микросхемы К175УВ4 при номинальном напряжении питания и $R_н = \infty$ приведены в табл. 2-6. Для увеличения крутизны преобразования вольт-амперной характеристики допускается подача напряжения питания 6 В на вывод *11* микросхемы.

Таблица 2-5

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение питания на выводе *8* $+U_{и.п}$, В	3	9,5
Напряжение между выводами *10* и *1*, *2* и *1* $U_{10,1}$, $U_{2,1}$, В	—	12,5
Входное напряжение:		
дифференциальное $U_{вх.дф}$, В	—2	2
синфазное $U_{сф.вх}$, В	2	4,4*
Входное напряжение по выводу *13* $U_{вх\ 13}$, В	—	1,2

* При $U_{и.п} < U_{и.п.ном} - 10\%$ $U_{сф.вх}$ должно быть уменьшено пропорционально снижению питающего напряжения.

Таблица 2-6

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	1,8—3,0	25	$U_{вх}=0$
$U_{9,1}$, В	3,5—4,5	25	
$U_{11,1}$, В	2,0—2,9	25	
$U_{12,1}$, В	1,3—1,9	25	
$U_{13,1}$, В	0,9—1,5	25	
$U_{10,2}$, В	±0,2	25	
S_{BA}, мА/В	10	25	$U_{вх}=10$ мВ, $f=1$ МГц
ΔS_{BA}, %	—40÷+10 —10÷+40	85 —45	$U_{вх}=10$ мВ, $f=0{,}1$ МГц
$K_ш$, дБ	10	25	$f=20$ МГц
$K_{АРУ}$, дБ	60	25	$U_{13}=10$ мВ, $f=1$ МГц
$f_в$, МГц	150	25	$U_{вых}=-60$ дБ

МИКРОСХЕМА К198УТ1

Микросхема К198УТ1 представляет собой ДУ с выходными эмиттерными повторителями на транзисторах *Т1*, *Т5* (рис. 2-17, *а*). Типовая схема включения микросхемы К198УТ1 приведена на рис. 2-17, *б*. Номинальные напряжения пи-

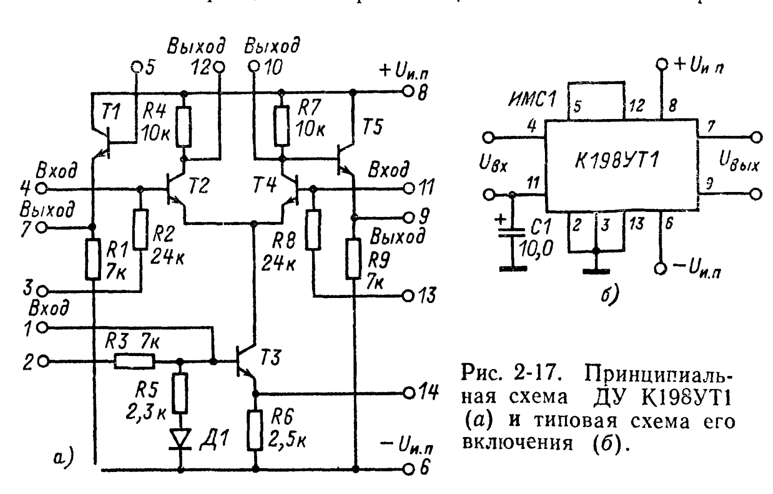


Рис. 2-17. Принципиальная схема ДУ К198УТ1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

тания микросхемы плюс 6,3 В, минус 6,3 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К198УТ1 приведены в табл. 2-7. В зависимости от

Таблица 2-7

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	5,7	6,9
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—6,9	—5,7
Входное (дифференциальное) напряжение при $I_{вх} \leqslant 2$ мА $U_{вх\ дф}$, В	—4	4
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—2,5	2,5
Сопротивление нагрузки $R_н$, Ом	200	—

напряжения смещения, входного тока и разности входных токов микросхемы К198УТ1 делятся на группы А и Б.

Электрические параметры микросхемы К198УТ1 при номинальных напряжениях питания и $R_н = \infty$ приведены в табл. 2-8. Коэффициент усиления ДУ

Таблица 2-8

Параметр	Нормы на параметры К198УТ1		t, °C	Режим измерения
	А	Б		
$I_{пот}$, мА	5	5	25	$U_{вх}=0$
$U_{см}$, мВ	±5	±12	25	
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	30	30	—45÷+25; 25—85	
$I_{вх}$, мкА	10 20	20 35	25; 85 —45	
$\Delta I_{вх}$, мкА	3 5	8 15	25; 85 —45	
$K_{у\ U}$	20—70 15—80	20—70 15—80	—45÷+25 85	$U_{вых1} \leqslant 0{,}7$ В, $U_{вх2}=0$, $f = 10$ кГц
$U_{вых.макс}$, В	2,5 2,0	2,5 2,0	25; 85 —45	$K_г \leqslant 10\%$, $f=10$ кГц
$K_{ос.сф}$, дБ	70	70	25	$U_{вх1}=2{,}5$ В, $U_{вх2}=-2{,}5$ В
$f_в$, МГц	0,7	0,7	25	$U_{вых}=-3$ дБ
$R_{вх}$, кОм	5	5		$U_{вых}=0{,}6$ В, $f=10$ кГц
$R_{вых}$, кОм	0,5	0,5		

можно регулировать, подавая на вывод *2* внешнее напряжение, отключив предварительно вывод *2* от земли. Зависимость коэффициента усиления от U_2 приведена на рис. 2-18.

Рис. 2-18. Зависимость коэффициента усиления ДУ К198УТ1 от напряжения на выводе *2*.

МИКРОСХЕМА К198УН1

Микросхема К198УН1 представляет собой несимметричный ДУ (*Т1—Т3*) с эмиттерным повторителем *Т4* на выходе (рис. 2-19, *а*). Типовая схема включения микросхемы К198УН1 приведена на рис. 2-19, *б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 6,3 В, минус 6,3 В. Допустимые отклонения напря-

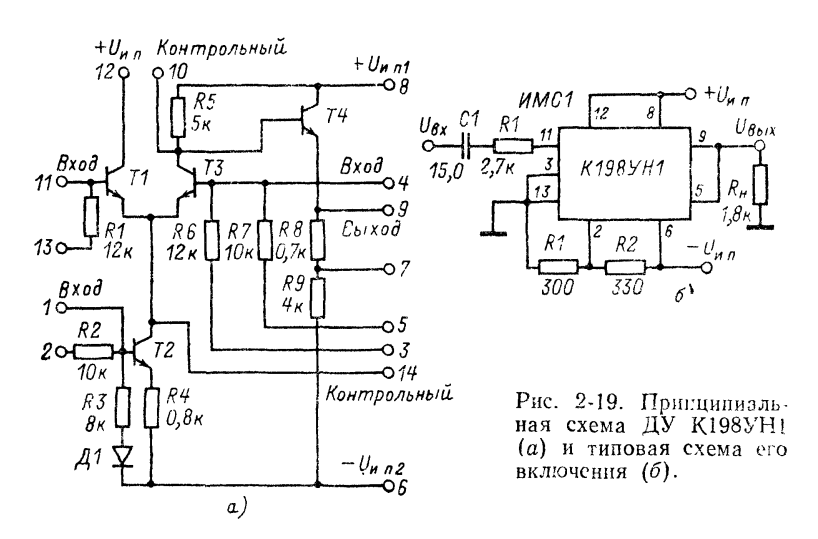


Рис. 2-19. Принципиальная схема ДУ К198УН1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

жения питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимое входное (дифференциальное) напряжение при $I_{вх} \leqslant 2$ мА не более ±4 В. В зависимости от коэффициента усиления и коэффициента шума микросхемы делятся на группы А, Б и В.

Электрические параметры микросхемы К198УН1 при номинальных напряжениях питания и $R_н = 1{,}8$ кОм приведены в табл. 2-9.

Регулировку усиления ДУ можно также осуществлять подачей входного сигнала на вход ГСТ (рис. 2-20, *а*). В зависимости от значения напряжения $U_{рег}$ происходит перераспределение тока между транзисторами *Т1* и *Т3*; при закрытом транзисторе *Т1* весь ток поступает на транзистор *Т3*. Этот ток, проходя через резистор *R5*, создает на нем максимальное падение напряжения, которое через эмиттерный повторитель *Т4* передается на выход схемы. Увеличивая по-

Таблица 2-9

Параметр	Нормы на параметры К198УН1			t, °C	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот}$, мА	6 8	6 8	6 8	25 —45; 85	$U_{вх}=0{,}1$ В, $f=10$ кГц
$K_{у\,U}$	4	4	2	25	$U_{вых}=0{,}8$ В, $f=10$ кГц
$\Delta K_{у\,U}$, %	15	15	15	—45÷+25; 25—85	
$K_ш$, дБ	30	—	—	25	$f=1$ кГц, $R_г=1{,}2$ кОм, $U_{рег}=1{,}5$ В
$U_{вых\,макс}$, В	2	2	2	25	$f=10$ кГц
$K_г$, %	10	10	10	25	$U_{вых}=20$ мВ, $f=10$ кГц, $U_{рег}=0\div1{,}5$ В
$f_в$, МГц	1	1	1	25	$U_{вых}=-3$ дБ
$R_{вх}$, кОм	3,3	3,3	3,3	25	$U_{вх}=0{,}3$ В, $f=10$ кГц

ложительное напряжение $U_{рег}$, можно поддерживать постоянным уровень выходного напряжения схемы при увеличении сигнала на ее входе, т. е. схема может работать в режиме АРУ. Зависимость коэффициента усиления усилителя от ре-

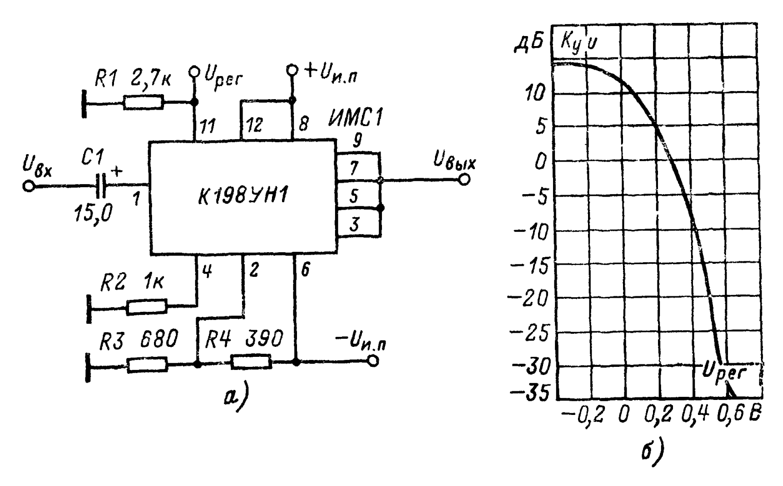


Рис. 2-20. Схема регулируемого усилителя (*а*) и зависимость коэффициента усиления ДУ К198УН1 от регулирующего напряжения (*б*).

гулирующего напряжения приведена на рис. 2-20, *б*. Для регулировки уровня выходного напряжения в пределах 1—3 В сопротивление резистора *R3* (рис. 2-20, *а*) можно подбирать в пределах 470—820 Ом.

Раздел третий

ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Операционный усилитель (ОУ) — это усилитель с большим коэффициентом усиления и непосредственными связями, применяемый в основном в качестве активного элемента в схемах с обратными связями. При достаточном коэффициенте усиления операционного усилителя по напряжению передаточная характеристика устройства вместе с цепями обратной связи может являться функцией только параметров цепей обратной связи, не зависящих от усилителя.

Помимо выполнения с помощью ОУ традиционных математических операций, таких как суммирование, вычитание, интегрирование и дифференцирование, на ОУ реализуют всевозможные усилители постоянного тока, усилители переменного напряжения и тока, логарифмические усилители, видеоусилители, усилители-ограничители, повторители напряжений (буферные схемы), активные фильтры, модуляторы (амплитудные, частотные, широтно-импульсные) и демодуляторы, аналоговые умножители и делители, функциональные преобразователи, компараторы, генераторы гармонических колебаний, генераторы колебаний прямоугольной и треугольной формы, ждущие мультивибраторы, формирователи напряжений, схемы задержек, цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи и др. [4, 6, 8].

Операционный усилитель тем точнее будет реализовать заданную для него конкретной схемой включения функцию, чем ближе его параметры будут приближаться к параметрам идеального операционного усилителя. Идеальный ОУ характеризуется следующими свойствами электрических параметров[1]:

напряжение смещения 0 В;
напряжение выхода 0 В при напряжении входа 0 В;
температурный дрейф напряжения смещения 0 В/°С;
входной ток 0 А;
входное сопротивление ∞ Ом;
синфазное входное напряжение — полный диапазон напряжения питания;
дифференциальное напряжение на входе — разность напряжений питания;
коэффициент усиления по напряжению ∞;
коэффициент ослабления синфазного сигнала ∞, дБ;
полоса единичного усиления ∞, Гц;
полоса пропускания по полной мощности ∞, Гц;
скорость нарастания выходного напряжения ∞, В/с;
время нарастания выходного напряжения 0 с;
выходной ток определяется возможностями источников питания;
выходное сопротивление 0 Ом;
потребляемый ток 0 А.

Реально идеальных ОУ не существует; например, создать усилитель с бесконечной полосой пропускания даже при конечном коэффициенте усиления невозможно.

Весьма распространены так называемые ОУ общего назначения, обладающие с точки зрения погрешностей вносимых ОУ при реализации различных функций свойствами, близкими к идеальным.

Интегральные ОУ почти всегда конструируются по структурной схеме рис. 3-1 с небольшими отклонениями, например может быть три каскада усиления напряжения, может не быть схемы защиты выхода от коротких замыканий.

Как правило, ОУ имеют два входа и один выход (рис. 3-1, *б*). Входные выводы усилителя обозначены знаками плюс и минус. Знак плюс означает, что выходное напряжение совпадает по фазе с напряжением, поданным на данный вход, этот вход называют неинвертирующим. Знак минус говорит о том, что выходное напряжение ОУ противоположно по знаку напряжению, поданному на этот вход. Выходное напряжение положительной и отрицательной полярности обеспечивается при питании ОУ от разнополярных источников питания $U_{и.п}$ и минус $U_{и.п}$. Для получения симметричного относительно нулевого уровня вы-

[1] Определение параметров будет дано позднее.

ходного напряжения питание необходимо осуществлять от равных по величине разнополярных источников питания.

На рис. 3-2, *а* приведена амплитудная характеристика ОУ. Поскольку реальный ОУ обладает конечным коэффициентом усиления, график зависимости

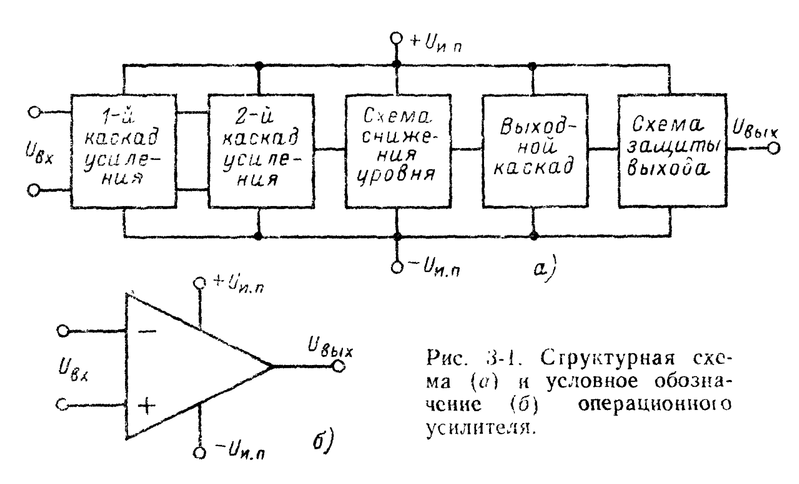


Рис. 3-1. Структурная схема (*а*) и условное обозначение (*б*) операционного усилителя.

выходного напряжения от входного не представляет собой вертикальную прямую линию, а имеет наклон, определяемый коэффициентом усиления ОУ

$$K_{yU} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}.$$

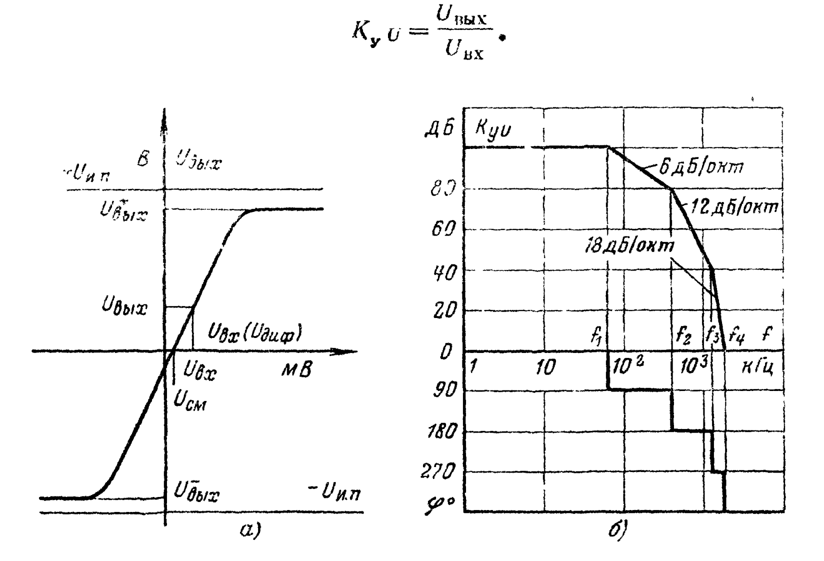


Рис. 3-2. Амплитудная (*а*), частотная и фазовая (*б*) характеристики операционного усилителя.

Амплитудная характеристика не проходит через начало координат, а сдвинута на напряжение, равное входному напряжению смещения $U_{\text{см}}$. Напряжение смещения — значение постоянного напряжения на входе ОУ, при котором выходное напряжение равно нулю. Это напряжение вызывает во входной цепи ОУ ток смещения или просто входной ток — ток, втекающий (или вытекающий) в

любой из входных выводов при выходном напряжении, равном нулю, обычно выражается как среднее значение двух входных токов:

$$I_{вх} = \frac{|I_{вх\,1}| + |I_{вх\,2}|}{2}$$

Разность входных токов

$$\Delta I_{вх} = I_{вх1} - I_{вх\,2} \quad \text{или} \quad \Delta I_{вх} = |I_{вх\,1} - I_{вх\,2}|.$$

При напряжении на выходе, приближающемся к уровням источников питания, выходные каскады усилителя входят в насыщение. При достижении полного насыщения выходное напряжение ограничивается на уровне $U^{+}_{вых}$, $U^{-}_{вых}$, который определяется главным образом напряжениями положительного и отрицательного источников питания и схемотехническим решением выходного каскада ОУ.

Коэффициент усиления ОУ является функцией частоты и с увеличением частоты падает. Частотная и фазовая характеристики ОУ складываются из частотных и фазовых характеристик отдельных каскадов, работающих при различных токах и нагрузках. Каждый каскад усилителя имеет собственную постоянную времени и может быть представлен в виде *RC*-цепочки. Поэтому суммарная частотная характеристика ОУ в общем виде аппроксимируется диаграммой Боде (рис. 3-2, *б*). Количество изломов частотной и фазовой характеристик f_1, f_2, f_3 определяется количеством каскадов ОУ. Каждый каскад вносит фазовый сдвиг 90°, поэтому общий фазовый сдвиг зависит от количества каскадов и имеет вид, показанный на рис. 3-2, *б*. Если учесть, что на выходе ОУ имеется запланированный сдвиг фазы 180°, то на некоторой частоте суммарный сдвиг фаз в усилителе, замкнутом отрицательной обратной связью (ООС), достигает 360°. Если на этой частоте произведение коэффициента усиления разомкнутого усилителя на ослабление элементов ООС равно или превышает единицу, то это вызывает самовозбуждение схемы. Усилитель, обладающий частотной характеристикой, изображенной на рис. 3-2, *б*, будет возбуждаться.

Устранение возбуждения ОУ достигается коррекцией частотной характеристики. Для этого вводят отрицательные обратные связи, которые снижают коэффициент усиления ОУ на высоких частотах и приближают частотную характеристику ОУ к звену первого порядка, т. е. получают спад частотной характеристики 6 дБ/октаву (20 дБ/декаду) через точку единичного усиления, а фазовый сдвиг на частоте единичного усиления не должен превышать 180° для неинвертирующего входа ОУ (360° для инвертирующего входа ОУ). Частота единичного усиления — частота, на которой усиление ОУ с разомкнутой обратной связью равно 0 дБ. Различают также полосу пропускания на полной мощности — это максимальная частота, при которой на выходе можно получить сигнал с пиковой амплитудой $U^{+}_{вых} = U^{-}_{вых}$.

Динамические свойства ОУ характеризуют также скорость нарастания выходного напряжения $V_{U_{вых}}$, время нарастания $t_{нар}$ и время установления $t_{уст}$. Скорость нарастания — отношение размаха выходного напряжения, измеряемого от 10 до 90% переднего или заднего фронта, к времени, необходимому для того, чтобы выходное напряжение пересекло эти уровни; измеряется при воздействии на вход большого сигнала (когда выходное напряжение достигает уровней $U^{+}_{вых}$, $U^{-}_{вых}$). Время нарастания — время, измеряемое по изменению переднего фронта сигнала на выходе от 10 до 90% при подаче на вход импульса напряжения с малой амплитудой.

Время установления — время, в течение которого выходное напряжение изменяется с первого достижения уровня 10% до последнего достижения уровня 90% установившегося значения. Этот параметр характеризует в основном устойчивость ОУ.

Различают два вида входных сопротивлений ОУ: входное сопротивление сигналу, подаваемому между входами, так называемое дифференциальное входное сопротивление $R_{вх}$, и входное сопротивление синфазному сигналу $R_{вх.сф}$.

Входное сопротивление $R_{вх}$ — отношение небольшого изменения дифференциального входного напряжения к результирующему изменению тока при со-

хранении линейности выходного напряжения

$$R_{вх} = \left| \frac{\Delta U_{вх}}{\Delta I_{вх}} \right|.$$

Входное сопротивление для синфазного сигнала обычно намного больше $R_{вх}$ и равно отношению изменения синфазного напряжения к результирующему изменению входного тока. Этот параметр в паспортах на ОУ обычно не указывается.

Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений $K_{ос.сф}$ определяется как отношение коэффициента усиления напряжения ОУ к коэффициенту усиления синфазных входных напряжений

$$K_{ос.сф} = \frac{K_{у\,U}}{K_{у.сф}}.$$

Изменение питающих напряжений не должно разбалансировать ОУ. Параметр «коэффициент влияния нестабильности источников питания на напряжение смещения $K_{вл.и.п}$» характеризует степень разбалансировки усилителя при перекосе питающих напряжений на 1 В и определяется как отношение приращения напряжения смещения к вызвавшему его приращению напряжений источников питания

$$K_{вл.и.п} = \frac{\Delta U_{см}}{\Delta U_{и.п}}.$$

Выходной ток ОУ $I_{вых}$ или ток нагрузки $I_{н}$ — максимально возможный ток на выходе, измеряемый обычно при максимальном выходном напряжении.

При нулевом напряжении на выходе, когда ток в нагрузку не ответвляется, измеряется ток, потребляемый ОУ, $I_{пот}$.

Ток, потребляемый от положительного источника питания $I_{пот1}$, обычно равен току, потребляемому от отрицательного источника питания, $I_{пот2}$:

$$I_{пот} = I_{пот\,1} = I_{пот\,2}.$$

Все параметры ОУ в большей или меньшей степени изменяют свои значения при изменении температуры окружающей среды. Обычно их значения задают для нормальной (+25 °С) температуры и для крайних значений температурного диапазона. На такие же параметры, как напряжение смещения, входной ток, разность входных токов, задается среднетемпературный дрейф, определяемый как отношение изменения параметра от температуры к интервалу температуры, вызвавшей это изменение, мкВ/°С, например:

$$\Delta U_{см} = \frac{U''_{см} - U'_{см}}{T_2 - T_1}.$$

Все электрические параметры ОУ измеряются при питании ОУ от двух разнополярных напряжений, равных по абсолютной величине. Однако ОУ может работать от несимметричных источников питания вплоть до одного источника питания, при этом питающее напряжение должно быть равно сумме двух питающих напряжений типового включения (рис. 3-3)

$$2\,U_{и.п} = +U_{и.п} + |-U_{и.п}|.$$

На вход ОУ необходимо подавать постоянное напряжение смещения, равное $\frac{+U_{и.п} + |-U_{и.п}|}{2}$ или отличающееся от него на значение, не превышающее предельно допустимого синфазного входного напряжения. Выходное напряжение будет изменяться уже не относительно нулевого уровня, а относительно потенциала $U_{0\,вых} = \frac{+U_{и.п} + -|U_{и.п}|}{2} = U_{и.п}.$

При этом ток в нагрузке будет пропорционален $U_{и.п}$. Сопротивление нагрузки должно быть таким, чтобы в самых неблагоприятных режимах работы

ОУ его выходной ток не превышал предельно допустимого значения для типового включения источников питания.

В связи с тем, что в справочнике не приводятся погрешности, вносимые ОУ при реализации ими тех или иных функций, в заключение необходимо предостеречь читателей, не имеющих опыта работы с ОУ, чтобы они не стремились выбирать ОУ с параметрами, близкими к параметрам идеального ОУ, так как для подавляющего большинства практически решаемых задач погрешности, вносимые даже ОУ К140УД1, вполне приемлемы.

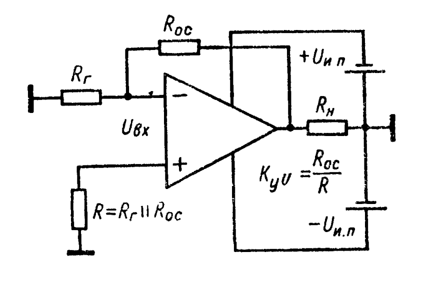


Рис. 3-3. Типовое включение источников питания ОУ.

МИКРОСХЕМА К140УД1

Микросхема К140УД1 (рис. 3-4,*а*) представляет собой операционный усилитель общего назначения. Типовая схема включения микросхемы К140УД1 приведена на рис. 3-4,*б*. В зависимости от значений напряжений питания и других электрических параметров микросхемы делятся на группы А, Б и В. Микросхема К140УД1А имеет номинальные напряжения питания плюс 6,3 В, минус 6,3 В, микросхемы К140УД1Б и К140УД1В номинальные напряжения питания плюс 12,6 В, минус 12,6 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±5%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем К140УД1 приведены в табл. 3-1.

Таблица 3-1

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры			
	К140УД1А		К140УД1Б, В	
	не менее	не более	не менее	не более
Напряжения питания:				
положительного источника $+U_{и.п}$, В	3	7	7	13
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—7	—3	—13	—7
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—1,2	1,2	—1,2	1,2
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—3*	3*	—6**	6**
Постоянный выходной ток $I_н$, мА	—	2,5	—	2,5

* При $U_{и.п}=\pm(6{,}3-7)$ В; при $U_{и.п}=\pm(3-6{,}3)$ В $U_{сф.вх}$ должно быть снижено пропорционально понижению напряжений питания.

** При $U_{и.п}=\pm(12{,}6-13)$ В; при $U_{и.п}=\pm(7-12{,}6)$ В $U_{сф.вх}$ должно быть снижено пропорционально понижению напряжений питания.

Электрические параметры микросхем К140УД1 при номинальных напряжениях питания и $R_н=5$ кОм приведены в табл. 3-2.

Вывод *4* микросхемы при применении может оставаться свободным или соединяться с корпусом. Заземлять вывод *4* рекомендуется в случае работы микросхемы при больших входных сигналах (в режиме насыщения выходных транзисторов микросхемы) во избежание искажений положительного полупериода выходного сигнала (см. амплитудную характеристику микросхемы К140УД1А на рис. 3-5,*а*). При заземлении вывода *4* коэффициенты ослабления синфазных входных напряжений и влияния нестабильности источников питания на напряжение смещения ухудшаются. Кроме того, при асимметрии питающих напряжений даже в пределах допустимых значений ±5% (например, при увеличении положительного и уменьшении абсолютной величины отрицательного

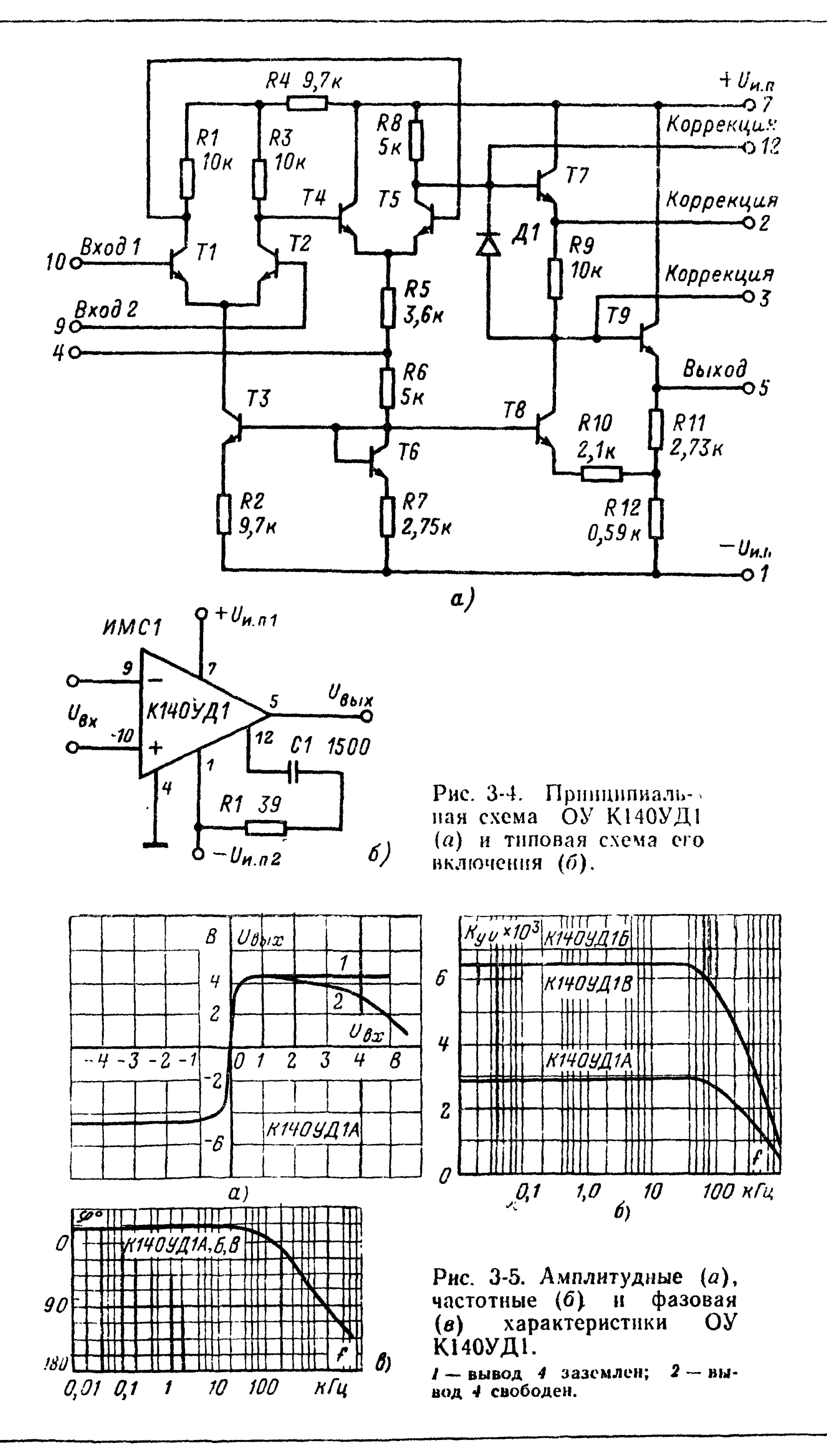


Рис. 3-4. Принципиальная схема ОУ К140УД1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Рис. 3-5. Амплитудные (*а*), частотные (*б*) и фазовая (*в*) характеристики ОУ К140УД1.

1 — вывод *4* заземлен; *2* — вывод *4* свободен.

Таблица 3-2

Параметр	Нормы на параметры К140УД1			t, °С	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот}$, мА	4,5	10	10	−45÷+85	$U_{вх}=0$
$U_{см}$, мВ	17 14	17 14	17 14	25 −45; +85	$U_{вых}=0\pm0{,}05$ В
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	60	60	60	−45÷+85	
$I_{вх}$, мкА	7 7 10	9 11 15	9 11 15	+25 +85 −45	$U_{см}$
$\Delta I_{вх}$, мкА	2,5 3 5	2,5 3 5	2,5 3 5	+25 +85 −45	
$\Delta\Delta I_{вх}$, нА/°С	±50 ±20	±50 ±20	±50 ±20	−45÷+25 +25÷+85	
$K_{y\,U}$	500—4500 300—4000 450—4500	1350—12 000 1100—13 000 1350—12 000	8000 7200 7000	+25 +85 −45	$U_{вх}=8$ мкВ, $f=$ $=1$ кГц
$K_{ос.сф}$, дБ	60	60	60	−45÷+85	
$U^{+}_{вых}$, В	2,8 2,8 2,6	6 5,7 5,5	6 5,7 5,5	+25 +85 −45	$U_{вх}=100$ мВ
$U^{-}_{вых}$, В	−2,8 −2,6 −2,8	−5,7 −5,5 −5,7	−5,7 −5,5 −5,7	+25 +85 −45	
$V_{U\,вых}$, В/мкс	0,2	0,4	0,4	−45÷+85	
$t_{уст}$, мкс	1,5	1,5	0,5		

напряжения для микросхемы К140УД1Б плюс 13,2 В и минус 12,0 В) значительно ухудшаются такие параметры, как коэффициент усиления и напряжение смещения. Поэтому при применении микросхемы с заземленным выводов 4 не следует допускать указанной асимметрии напряжения источников питания.

При работе микросхемы с малыми сигналами или когда форма ограниченного выходного напряжения не имеет существенного значения, вывод 4 заземлять не рекомендуется. При этом не ухудшаются электрические параметры микросхемы и асимметрия напряжений источников питания не влияет на значения электрических параметров.

На рис. 3-5,*б* приведены частотные характеристики микросхемы, а на рис. 3-5,*в* — фазовая характеристика микросхемы К140УД1. Характеристики снимались при наличии корректирующей цепочки *C1*, *R1* (рис. 3-4,*б*), тогда как параметры в табл. 3-2 определялись без корректирующей цепи.

Выходные напряжения ограничения $U^{+}_{вых}$ и $U^{-}_{вых}$ не равны по абсолютной величине при малых сопротивлениях нагрузки операционного усилителя (рис. 3-6, 3-7). Поэтому при необходимости получить симметричное ограничен-

ное выходное напряжение сопротивление нагрузки необходимо выбирать не менее 10 кОм.

На рис. 3-8 приведены зависимости входного сопротивления микросхемы $R_{вх}$ от температуры окружающей среды. Необходимо всегда помнить, что на всех графиках, если это не оговорено особо, приводятся типовые (средние)

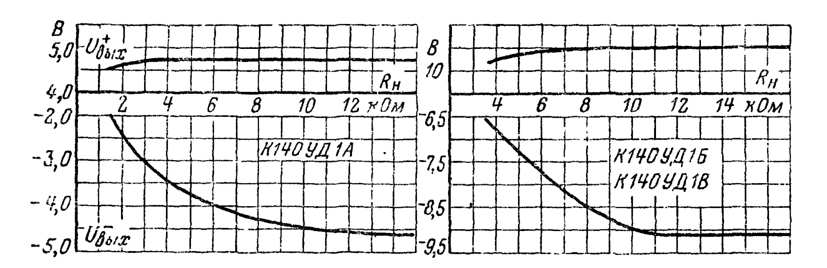


Рис. 3-6, 3-7. Зависимости максимального выходного напряжения ОУ К140УД1А и К140УД1Б, К140УД1В от сопротивления нагрузки.

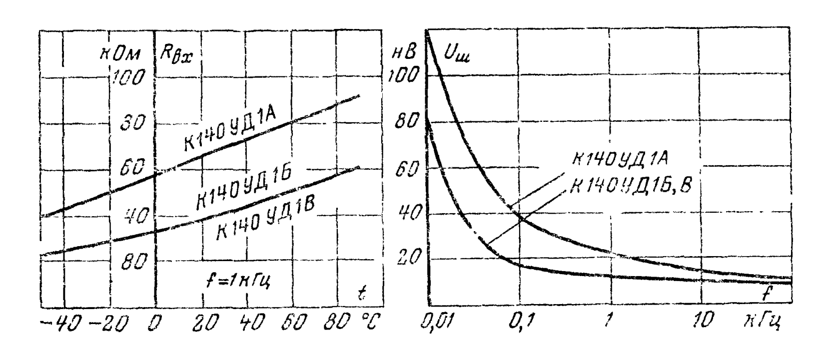


Рис. 3-8. Зависимости входного сопротивления ОУ К140УД1 от температуры окружающей среды.

Рис. 3-9. Зависимости напряжения шумов ОУ К140УД1 от частоты.

значения параметра. При снижении напряжения источников питания входное сопротивление микросхемы имеет тенденцию к возрастанию. Зависимость напряжения шума от частоты входного сигнала приведена на рис. 3-9.

Зависимости коэффициента влияния источников питания на напряжение смещения, токов, потребляемых микросхемой, коэффициентов усиления, положительных и отрицательных выходных напряжений ограничения от значения напряжений источников питания приведены на рис. 3-10 — 3-16. Коэффициент

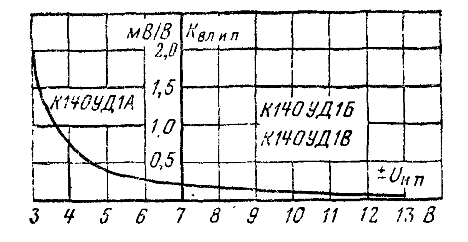


Рис. 3-10. Зависимость коэффициента влияния источников питания на напряжение смещения ОУ К140УД1 от напряжений источников питания.

влияния источников питания на напряжение смещения практически не изменяется в диапазоне температур окружающей среды (—45÷+85 °С), имея незначительную тенденцию к повышению в области положительных температур.

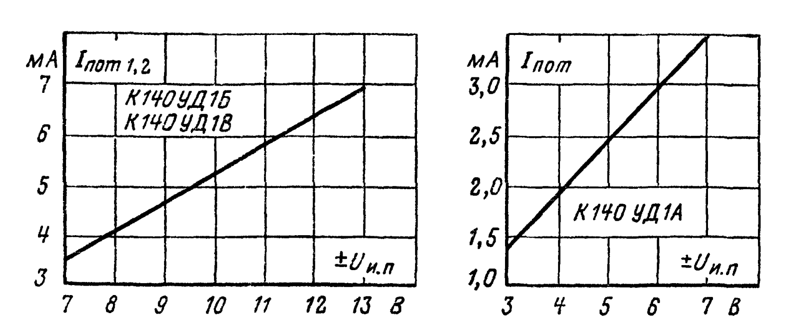


Рис. 3-11, 3-12. Зависимости тока, потребляемого ОУ К140УД1Б, К140УД1В и К140УД1А, от напряжений источников питания.

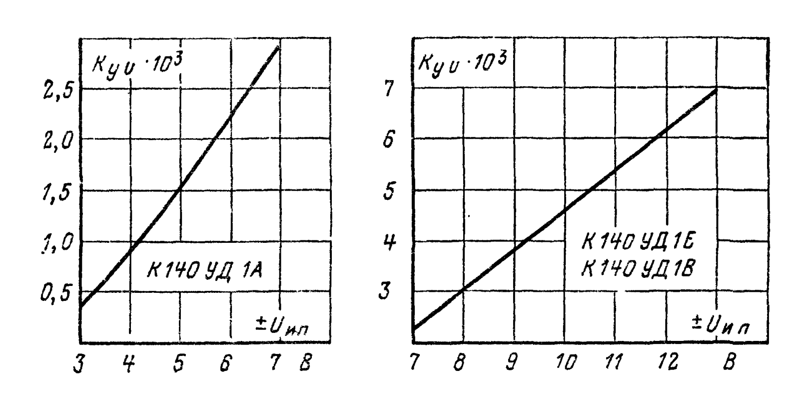


Рис. 3-13, 3-14. Зависимости коэффициента усиления ОУ К140УД1А и К140УД1Б, К140УД1В от напряжений источников питания.

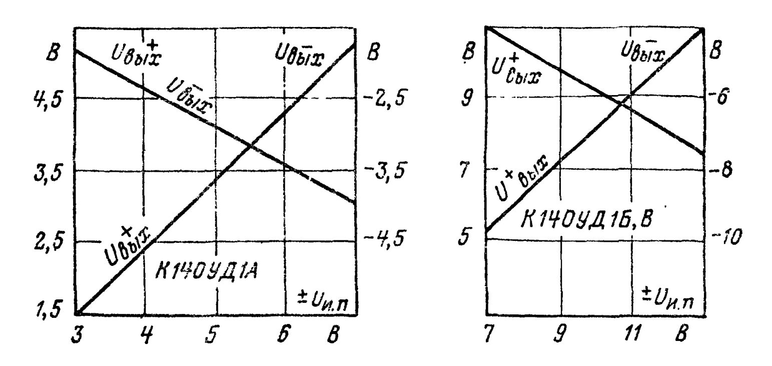


Рис. 3-15, 3-16. Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ К140УД1 от напряжений источников питания.

Напряжение смещения и входной ток практически не изменяются при изменении напряжений источников питания в интервале предельно допустимых значений. Входной ток имеет незначительную тенденцию к снижению при снижении питающих напряжений.

Коэффициент ослабления синфазного сигнала уменьшается примерно на 20 дБ при питании микросхемы напряжениями, соответствующими нижним уровням предельно допустимых значений, по сравнению с коэффициентом ослабления синфазного сигнала при питании микросхемы напряжениями, соответствующими верхним уровням предельно допустимых значений.

МИКРОСХЕМА К140УД5

Микросхема К140УД5 представляет собой операционный усилитель общего назначения (рис. 3-17). Входной дифференциальный каскад *Т2, Т3, Т4* имеет на входе эмиттерные повторители *Т1, Т5*. Некоторые параметры операционного усилителя будут различными в зависимости от того, подается входной сигнал непосредственно на базы транзисторов дифференциального каскада *Т2, Т4* или

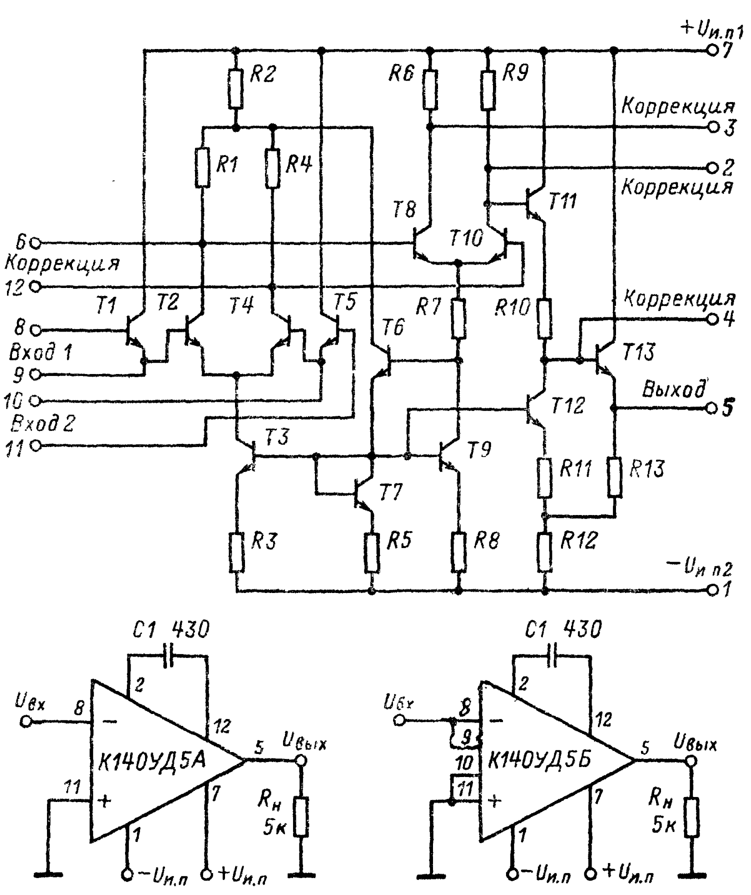


Рис. 3-17, 3-18, 3-19. Принципиальная схема ОУ К140УД5 и типовые схемы включения ОУ К140УД5А и ОУ К140УД5Б.

через эмиттерные повторители $T1$, $T5$. В связи с этим микросхемы делятся на группы А и Б. Типовая схема включения микросхемы К140УД5А приведена на рис. 3-18, микросхемы К140УД5Б — на рис. 3-19. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 12 В, минус 12 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±10%.

Электрические параметры микросхем К140УД5 при номинальных напряжениях питания и $R_н = 5$ кОм приведены в табл. 3-3—3-7. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем К140УД5 приведены в табл. 3-8.

Для получения $V_{U\,вых} = 6$ В/мкс необходимо применять цепи коррекции, приведенные на рис. 3-20. В скобках указаны емкости конденсаторов при $U_{н.п1} = 6$ В, $U_{н.п2} = -6$ В. При понижении питающих напряжений в 2 раза скорость нарастания выходного напряжения также падает в 2 раза. Цепи коррекции $R1$, $C1$ и $R2$, $C2$ осуществляют отрицательную обратную связь с выхода второго каскада $T8$, $T10$ (см. рис. 3-17) на его вход. Конденсатор $C3$ осуществляет опережающую коррекцию, шунтируя низкочастотную схему смещения постоянного уровня $T11$, $R10$ по высокой частоте.

На рис. 3-21,*а* приведена амплитудная характеристика по постоянному току операционного усилителя К140УД5, работающего в режиме масштабного

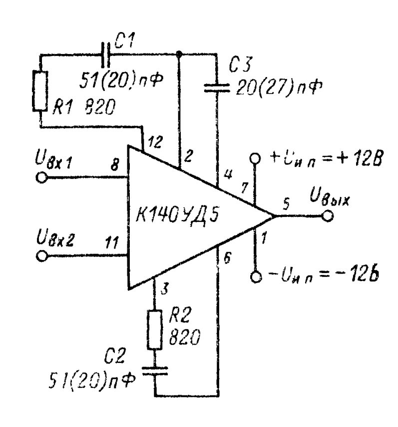


Рис. 3-20. Схема включения ОУ К140УД5 при измерении скорости нарастания выходного напряжения.

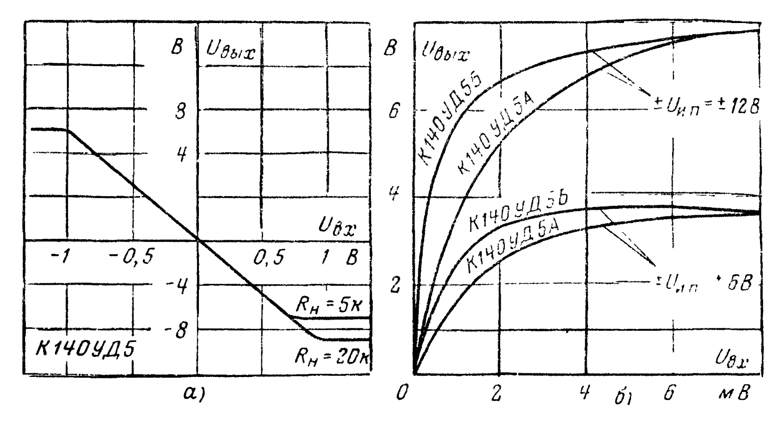


Рис. 3-21. Амплитудные характеристики ОУ К140УД5 в режиме масштабного усилителя (*а*) и на переменном токе при различных напряжениях питания (*б*).

Таблица 3-3—3-7

Параметр	Нормы на параметры		t, °C	Режим измерения
	К140УД5А	К140УД5Б		
$I_{пот}$, мА	12 16 18	12 16 18	25 85 —45	$U_{вх}=0$
$U_{см}$, мВ	±10 ±11 ±12	±5 ±5 ±5	25 —45 85	$U_{вых}=0\div50$ мВ
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	±50	±10	—45÷+85	
$I_{вх}$, мкА	5 6	10 12	25; 85 —45	
$\Delta I_{вх}$, мкА	±1 ±2	±5 ±6	25; 85 —45	
$\Delta\Delta I_{вх}$, нА/°С	±5	±10	—45÷+25 25—85	
$K_{у\,U}$	500 300	1000 600	—45; 25 85	$U_{вх}=0{,}1$ мВ, $f=1$ кГц
$\Delta K_{у\,U}$, %	+75 —45	+75 —45	—45÷+25 25—85	
$U^{+}_{вых}$, В	6,5 4,5	6,5 4,5	25; 85 —45	
$U^{-}_{вых}$, В	—4,5 —3,5	—4,5 —3,5	25; 85 —45	
$K_{ос.сф}$, дБ	50	60	25	$U_{вх}=0{,}1$ мВ, $f=1$ кГц
f_1, МГц	14	14	25	
$V_{U\,вых}$, В/мкс	6	6	25	
$R_{вх}$, кОм	50	3	—45÷+85	
$R_{вых}$, кОм	1	1	—45÷+85	

усилителя. Максимальные уровни выходного напряжения $U^{+}_{вых}$ и $U^{-}_{вых}$ выравниваются по абсолютной величине при высокоомной нагрузке. Там, где необходимо симметричное ограничение выходного напряжения, необходимо, чтобы операционный усилитель К140УД5 работал на нагрузку более 20 кОм.

На рис. 3-21,*б* приведены амплитудные характеристики по переменному току разомкнутого операционного усилителя К140УД5 при различных напряжениях питания.

Частотные характеристики масштабного усилителя приведены на рис. 3-22. Емкости корректирующих конденсаторов в зависимости от группы операцион-

Таблица 3-8

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	6	15*
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—15*	— 6
Входное дифференциальное напряжение при $I_{вх\ 8,11} \leqslant 30$ мкА, $I_{вх\ 9,10} \leqslant 15$ мкА $U_{вх.дф}$, В	— 3	3
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	— 6	6
Постоянный выходной ток $I_н$, мА	—	3
Импульсный выходной ток при $\tau_и = 30$ мкс, $Q \geqslant 10\ I_{н.макс}$, мА	—	20

* Время действия не более 1 мин.

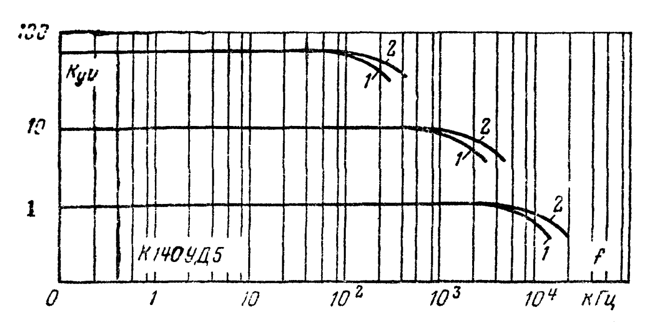


Рис. 3-22. Частотные характеристики ОУ К140УД5 в режиме масштабного усилителя.

1 — для инвертирующего входа; *2* — для неинвертирующего входа.

ного усилителя, напряжений питания и коэффициента передачи рекомендуется выбирать из табл. 3-9.

При понижении напряжений питания в пределах, оговоренных табл. 3-7, пропорционально снижаются токи, потребляемые микросхемой, выходные на-

Рис. 3-23. Зависимости коэффициента влияния источников питания на напряжение смещения ОУ К140УД5 от напряжений источников питания.

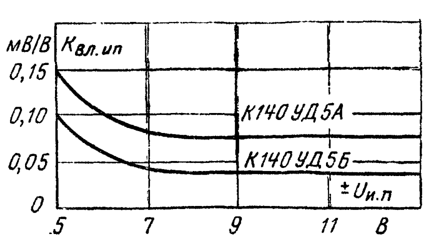


Рис. 3-24. Зависимости входных и выходного сопротивлений ОУ К140УД5 от напряжений источников питания.

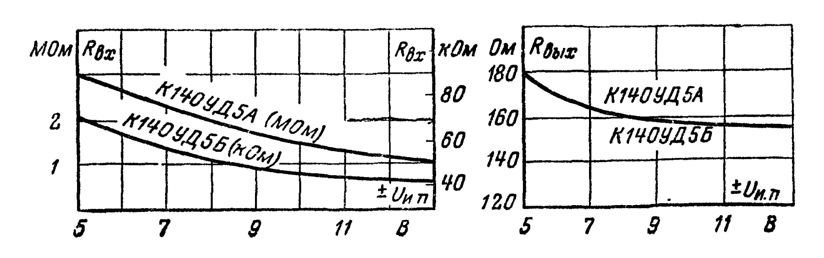


Таблица 3-9

Тип ИМС	Режим питания	Позиционное обозначение *	Коэффициент передачи напряжения					
			−1	−10	−100	1	10	100
К140УД5А	$U_{и.п1}$=6 В, $U_{и.п2}$=−6 В	*C1*, пФ	2,7	10	27	82	6,2	27
		C2, пФ	2,7	10	27	10	6,2	27
		C3, пФ	51	27	51	51	51	51
		*C4***, пФ	4,7	—	—	2,2	—	—
	$U_{и.п1}$=12 В, $U_{и.п2}$= =−12 В	*C1*, пФ	5,1	10	27	82	56	27
		C2, пФ	5,1	10	27	27	27	27
		C3, пФ	51	51	51	51	51	51
		*C4***, пФ	2,2	—	—	2,2	—	—
К140УД5Б	$U_{и.п1}$=6 В, $U_{и.п2}$=−6 В	*C1*, пФ	8,2	10	27	10	10	27
		C2, пФ	10	10	27	82	10	27
		C3, пФ	51	27	51	51	27	51
	$U_{и.п1}$=12 В, $U_{и.п2}$= =−12 В	*C1*, пФ	10	27	27	20	27	27
		C2, пФ	5,1	27	27	15	10	27
		C3, пФ	51	82	51	51	51	51

* В соответствии с рис. 3-20; значения сопротивлений резисторов *R1*, *R2* для всех случаев остаются неизменными.

** Конденсатор, дополнительно включаемый между выводами *2* и *8* микросхемы.

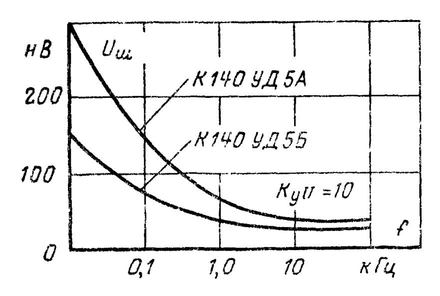


Рис. 3-25. Зависимости напряжений шумов ОУ К140УД5 от частоты.

пряжения, коэффициент усиления (рис. 3-21, *б*), незначительно возрастает коэффициент влияния источников питания на напряжение смещения (рис. 3-23), входное сопротивление (рис. 3-24, *а*) и выходное сопротивление микросхемы (рис. 3-24, *б*), практически остаются неизменными такие параметры, как напряжение смещения, входные токи и коэффициент ослабления синфазных сигналов.

На рис. 3-25 приведены зависимости напряжения шумов от частоты входного сигнала микросхемы К140УД5 при работе ее в режиме неинвертирующего масштабного усилителя с коэффициентом передачи 10.

МИКРОСХЕМА К140УД6

Микросхема К140УД6 представляет собой операционный усилитель общего назначения с внутренней частотной коррекцией и схемой защиты выхода при коротких замыканиях (рис. 3-26,*а*). Устойчивая работа усилителя обеспечивается отрицательной обратной связью (конденсатор *C1*=30 пФ), охватывающей второй каскад (транзисторы *T16*, *T20*). Типовая схема включения микросхемы К140УД6 приведена на рис. 3-26,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К140УД6 приведены в табл. 3-10.

Рис. 3-26. Принципиальная схема ОУ К140УД6 (*а*) и типовая схема его включения (*б*)

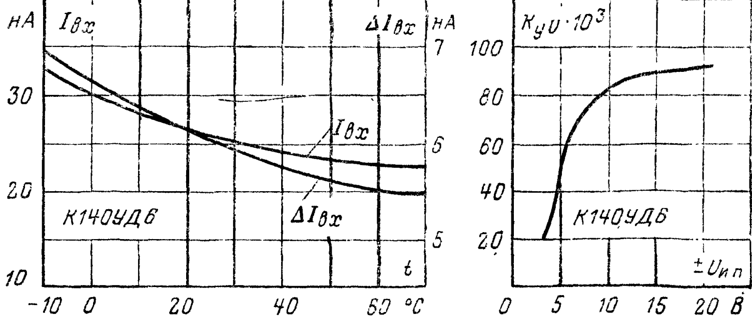


Рис. 3-27. Зависимости входных токов и разности входных токов ОУ К140УД6 от температуры окружающей среды.

Рис. 3-28. Зависимость коэффициента усиления ОУ К140УД6 от напряжений источников питания.

Электрические параметры микросхемы К140УД6 при сопротивлении нагрузки 2 кОм приведены в табл. 3-11.

При понижении напряжений питания в пределах, оговоренных табл. 3-10, напряжение смещения, входные токи, разность входных токов остаются практи-

Таблица 3-10

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	5	18
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—18	—5
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—	30*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—15*	15*
Напряжение на каждом входе относительно общей точки $U_{вх}$, В	—15*	15*
Сопротивление нагрузки $R_{н}$, кОм	1	—
Емкость нагрузки $C_{н}$, пФ	—	1000
Время, в течение которого допустимо короткое замыкание выхода микросхемы на корпус или источник питания, t	—	Не ограничено[1]

* При напряжениях питания, меньших ±15 В, $U_{вх.дф} \leqslant 2(+U_{и.п})$; $U_{сф.вх}$, $U_{вх}$ не должны превышать напряжений источников питания.

[1] В диапазоне температур окружающей среды от —10 до +35 °С.

чески постоянными. Зависимости входных токов и разности входных токов от температуры окружающей среды приведены на рис. 3-27. Зависимость коэффициента усиления от напряжений источников питания приведена на рис. 3-28. Максимальные выходные напряжения при понижении питающих напряжений

Таблица 3-11

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения	
1	2	3	4	
$I_{пот}$, мА	4,0	25	$U_{и.п}=\pm 15$ В	$U_{вых}=(0\div +0,1)$ В
	4,4		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
	5,5	—10; 70	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	6,0		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
$U_{см}$, мВ	±10	25	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	±11		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
	±15	—10; 70	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	±16		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	±20*	$-10\div +70$	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
$I_{вх}$, нА	100	25	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	110		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
	100	70	$U_{и.п}=\pm(15-16,5)$ В	
	200	—10	$U_{и.п}=\pm(15-16,5)$ В	
$\Delta I_{вх}$, нА	25	25	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	30		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	
	40	70	$U_{и.п}=\pm(15-16,5)$ В	
	50	—10	$U_{и.п}=\pm 15$ В	
	55		$U_{и.п}=\pm 16,5$ В	

1	2	3	4	
$K_{yU} \cdot 10^3$	30 27 20	25 —10; 70	$U_{п.п}$=±15 В $U_{п.п}$=±13,5 В $U_{п.п}$=±(13,5—15) В	f=5 Гц
$U^{+}_{вых}$, $\lvert U^{-}_{вых} \rvert$, В	11 9,5	15	$U_{п.п}$=±15 В $U_{п.п}$=±13,5 В	$U_{вх}$=±0,1 В
	8,5 7	70	$U_{п.п}$=±15 В $U_{п.п}$=±13,5 В	
	9,5 8	—10	$U_{п.п}$=±15 В $U_{п.п}$=±13,5 В	
$R_{вх}$, МОм	1	25	$U_{п.п}$=±15 В, f=5 Гц	
$K_{ос.сф}$, дБ	70			
$U_{сф.вх}$, В	±11**			
f_1, МГц	1*	25	$U_{п.п}$=±15 В	
$V_{U\,вых}$, В/мкс	2*	25	$U_{п.п}$=±15 В, $C_{н}$= =100 пФ	
$t_{уст}$, мкс	1,7*	25		
$\Delta\Delta I_{вх}$, нА/°С	±0,1*	—10÷70	$U_{п.п}$=±15 В, $U_{вых}$= =(0÷+0,1) В	

* Документом на поставку не нормируется.

** При $U_{сф.вх} > \lvert \pm 11$ В$\rvert$ резко уменьшается коэффициент ослабления синфазных сигналов.

уменьшаются по линейному закону. Зависимости максимальных выходных напряжений от сопротивления нагрузки усилителя приведены на рис. 3-29.

При понижении напряжений питания уменьшается скорость нарастания выходного напряжения и увеличивается коэффициент ослабления синфазного

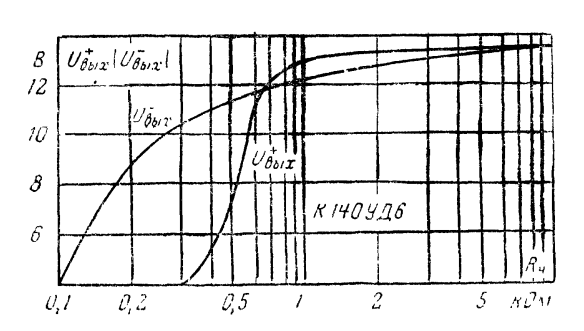


Рис. 3-29. Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ К140УД6 от сопротивления нагрузки усилителя.

сигнала. Зависимости коэффициента влияния источников питания на напряжение смещения и тока потребления от напряжений питания приведены на рис. 3-30, а входного и выходного сопротивлений — на рис. 3-31.

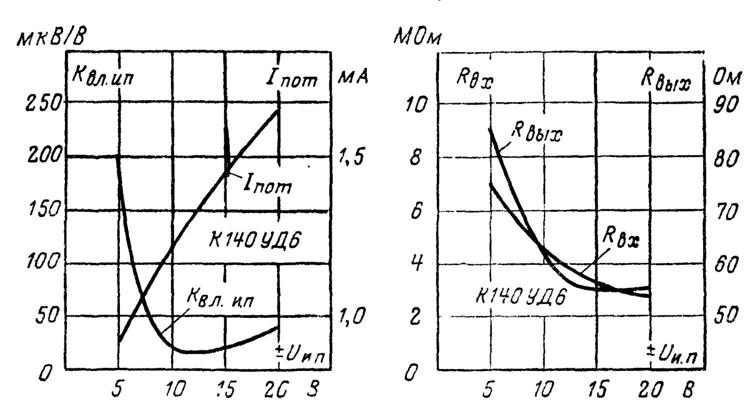


Рис. 3-30. Зависимости коэффициента влияния источников питания на напряжение смещения и тока потребления ОУ К140УД6 от напряжений источников питания.

Рис. 3-31. Зависимости входных и выходных сопротивлений ОУ К140УД6 от напряжений источников питания.

МИКРОСХЕМА К140УД7

Микросхема К140УД7 представляет собой операционный усилитель общего назначения с внутренней частотной коррекцией и схемой защиты выхода при коротких замыканиях (рис. 3-32). Типовая схема включения микросхемы К140УД7 аналогична типовой схеме включения микросхемы К140УД6 (см. рис. 3-26,*б*). Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений

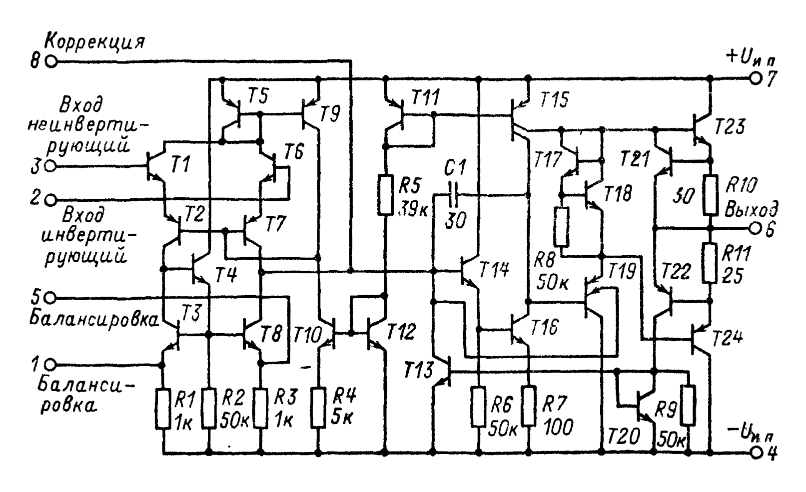


Рис. 3-32. Принципиальная схема ОУ К140УД7.

Таблица 3-12

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	5	16,5
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—16,5	—5
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—	24*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—12*	12*
Напряжение на каждом входе относительно общей точки $U_{вх}$, В	—12*	12*
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	2	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	1000
Время, в течение которого допустимо короткое замыкание выхода микросхемы на корпус или источник питания, t, с	—	60**

* При напряжениях питания, меньших ±12 В, $U_{вх\ дф} \leqslant 2(+U_{и.п})$; $U_{сф\ вх}$, $U_{вх}$ не должны превышать напряжений источников питания.

** В диапазоне температур окружающей среды от +35 до +85° С; в диапазоне температур от —45 до +35° С время короткого замыкания не ограничено.

±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К140УД7 приведены в табл. 3-12.

Электрические параметры микросхемы К140УД7 при сопротивлении нагрузки 2 кОм приведены в табл. 3-13.

При подключении внешнего корректирующего конденсатора емкостью 1000 пФ между выводами *8* и *2* микросхемы скорость изменения выходного напряжения возрастает до 10 В/мкс.

Таблица 3-13

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	3,5	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	$U_{вых}=(0\pm0,1)$ В
	4,0	25; 85	$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
	5,0	—45	$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
$U_{см}$, мВ	±9	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	
	±10,5		$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
	±12	—45; 85	$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
$I_{вх}$, нА	400	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	
	600		$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
	1000	85		
	2000	—45		
$\Delta I_{вх}$, нА	200	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	
	250		$U_{и.п}=\pm16,5$ В	
	250	85		
	500	—45		
$K_{yU}\cdot10^3$	30	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	$f=5$ Гц
	20		$U_{и.п}=\pm13,5$ В	
	10	—45; 85		

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения	
$U^+_{вых}$, $\|U^-_{вых}\|$, В	10,5	25	$U_{и.п}=\pm15$ В	$U_{вх}=\pm0,1$ В
	10,0		$U_{и.п}=\pm13,5$ В	
	9,0	−45; 85		
$R_{вх}$, кОм	400	25	$U_{и.п}=\pm15$ В, $f=5$ Гц	
$K_{ос.сф}$, дБ	70			
$U_{сф\,вх}$, В	±12*			
$K_{вл.ип}$, мкВ/В	150		$\Delta U_{и.п}=\pm1$ В	
f_1, МГц	0,8**		$U_{и.п}=\pm15$ В	
$V_{U\,вых}$, В/мкс	0,3**			

* При $U_{сф.вх}>|+12$ В$|$ резко уменьшается коэффициент ослабления синфазных сигналов.

** Документом на поставку не нормируется.

Частотная характеристика ОУ приведена на рис. 3-33, зависимости максимальных выходных напряжений от частоты входного сигнала с корректирующим конденсатором C_{8-2} и без него при различных значениях сопротивления нагрузки операционного усилителя — на рис. 3-34. Зависимость максимального выходного напряжения от сопротивления нагрузки приведена на рис. 3-35. Зависимость входного сопротивления от температуры окружающей среды — на рис. 3-36. Зависимости максимального выходного напряжения и минимального коэффициента усиления операционного усилителя от напряжений источников питания приведены на рис. 3-37. Напряжение смещения и входной ток практически не зависят от изменений напряжений источников питания в пределах, оговоренных в табл. 3-12.

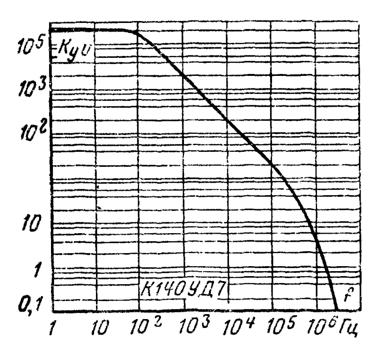


Рис. 3-33. Частотная характеристика ОУ К140УД7.

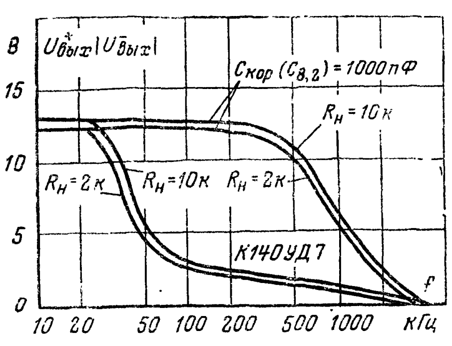


Рис. 3-34. Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ К140УД7 от частоты с корректирующим конденсатором $C_{8,2}$ и без него при различных сопротивлениях нагрузки.

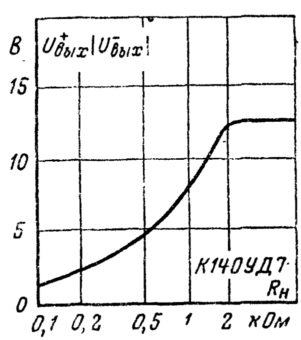


Рис. 3-35. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ К140УД7 от сопротивления нагрузки.

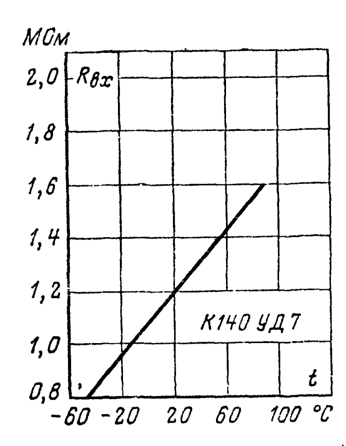


Рис. 3-36. Зависимость входного сопротивления ОУ К140УД7 от температуры окружающей среды.

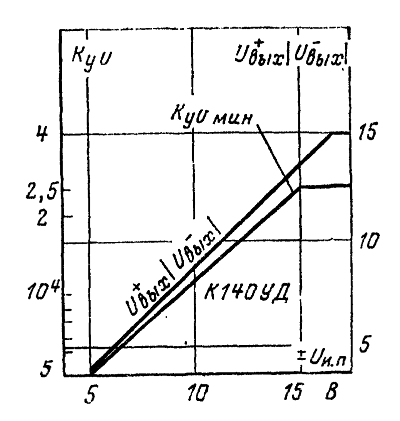


Рис. 3-37. Зависимости минимального значения коэффициента усиления и максимальных выходных напряжений ОУ К140УД7 от напряжений источников питания.

МИКРОСХЕМА К140УД8

Микросхема К140УД8 представляет собой операционный усилитель общего назначения. Входной дифференциальный каскад состоит из пяти полевых транзисторов. Коррекция частотной характеристики осуществлена внутренним конденсатором *C1* емкостью 33 пФ (рис. 3-38,*а*). Типовая схема включения микросхемы К140УД8 приведена на рис. 3-38,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±5%. Предельно допустимые режимы эксплуа-

Рис. 3-38. Принципиальная схема ОУ К140УД8 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Таблица 3-14

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	6	18
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—18	—6
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—	10
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—12	12
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	2	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	100

Примечание. Напряжения $U_{сф.вх}$ и $U_{вх.дф}$ не должны превышать $\pm U_{и.п}$ при пониженных напряжениях питания, а сумма напряжений на любом из входов и источника питания не должна превышать 26 В

тации микросхемы К140УД8 приведены в табл. 3-14. В зависимости от норм на электрические параметры микросхемы К140УД8 делятся на группы А, Б и В.

Электрические параметры микросхемы К140УД8 при напряжениях питания ±15 В±5% приведены в табл. 3-15.

Из частотной (рис. 3-39,*а*) и фазовой (рис. 3-39,*б*) характеристик видно, что ОУ устойчив без внешних цепей коррекции — спад частотной харак-

Таблица 3-15

Параметр	Нормы на параметры			t, °С	Режим измерения
	К140УД8А	К140УД8Б	К140УД8В		
$I_{пот}$, мА	5	5	5	25 ; 70	$U_{вх}=0$
	8	8	8	—45	
$U_{см}$, мВ	50*	100*	150*	25	$U_{вых}=0$, $R_н=50$ кОм
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	50*	100*	150*	— 45÷ + 25 25 — 70	
$I_{вх}$, нА	0,2	0,2	0,2	25	
	10*	10*	10*	70	
$\Delta I_{вх}$, нА	0,1*	0,5*	0,2*	25	
$K_{yU}\cdot 10^3$	50	20	20	25	$f=0$ (на постоянном токе), $R_н=$ 50 кОм
	20	10	10	— 45 ; 70	
$U^+_{вых}$, В	10	10	10	25	$U_{вх}\geqslant 0{,}2$ В, $R_н=10$ кОм
$U^-_{вых}$, В	—10	—10	—10		
$K_{ос.сф}$, дБ	70*	70*	60*	25	$f=0$ (на постоянном токе)
f_1, МГц	1*	1*	1*	25	
$V_{U\ вых}$, В/мкс	2	5	2	25	$K_{yU}=-1$, $U_{вх\ имп}=4\div 5$ В, $\tau_и\leqslant 10$ мкс, $\tau_ф\leqslant 0{,}1$ мкс, $R_н=10$ кОм, $C_н=100$ пФ
$R_{вх}$, кОм	1*	1*	1*	25	$f=0$ (на постоянном токе)
$R_{вых}$, Ом	200	200	200	25	

* Типовое значение.

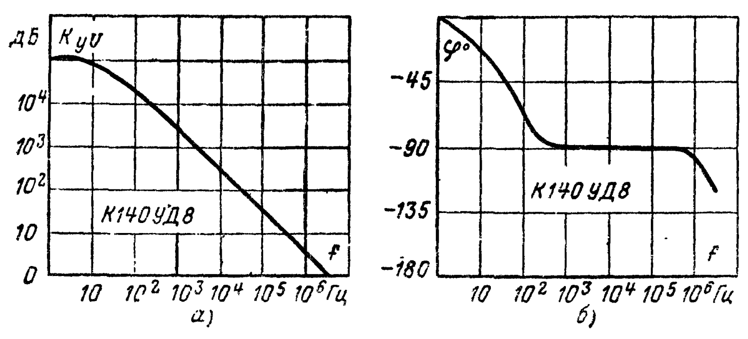


Рис. 3-39. Частотная (*а*) и фазовая (*б*) характеристики ОУ К140УД8.

теристики на частоте единичного усиления 20 дБ/дек, а фазовый сдвиг на частоте единичного усиления не превышает 180°. Коэффициент усиления ОУ не уменьшается с понижением питающих напряжений, а максимальное выход-

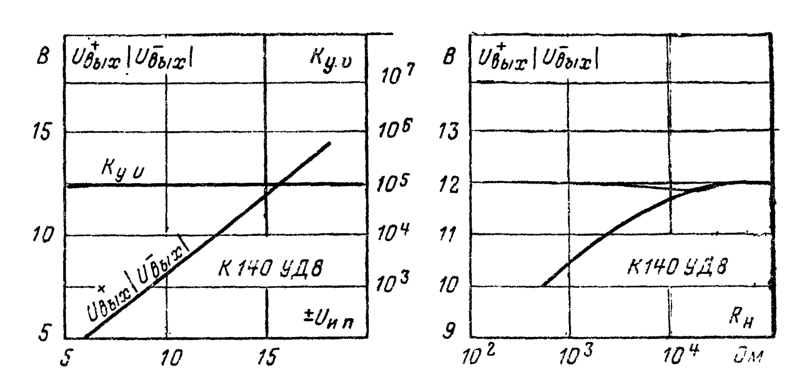


Рис. 3-40. Зависимость максимального выходного напряжения и коэффициента усиления ОУ К140УД8 от напряжения питания.

Рис. 3-41. Зависимость максимального выходного напряжения ОУ К140УД8 от сопротивления нагрузки.

ное напряжение уменьшается пропорционально понижению питающих напряжений (рис. 3-40). Зависимость максимального выходного напряжения от сопротивления нагрузки приведена на рис. 3-41.

МИКРОСХЕМА К140УД9

Микросхема К140УД9 представляет собой операционный усилитель общего назначения. Операционный усилитель имеет защиту от перенапряжений по входу и схему защиты выхода от коротких замыканий (рис. 3-42,*а*). Типовая схема включения микросхемы К140УД9 приведена на рис. 3-42,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 12,6 В, минус 12,6 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К140УД9 приведены в табл. 3-16.

Электрические параметры микросхемы К140УД9 при $R_н=1$ кОм приведены в табл. 3-17.

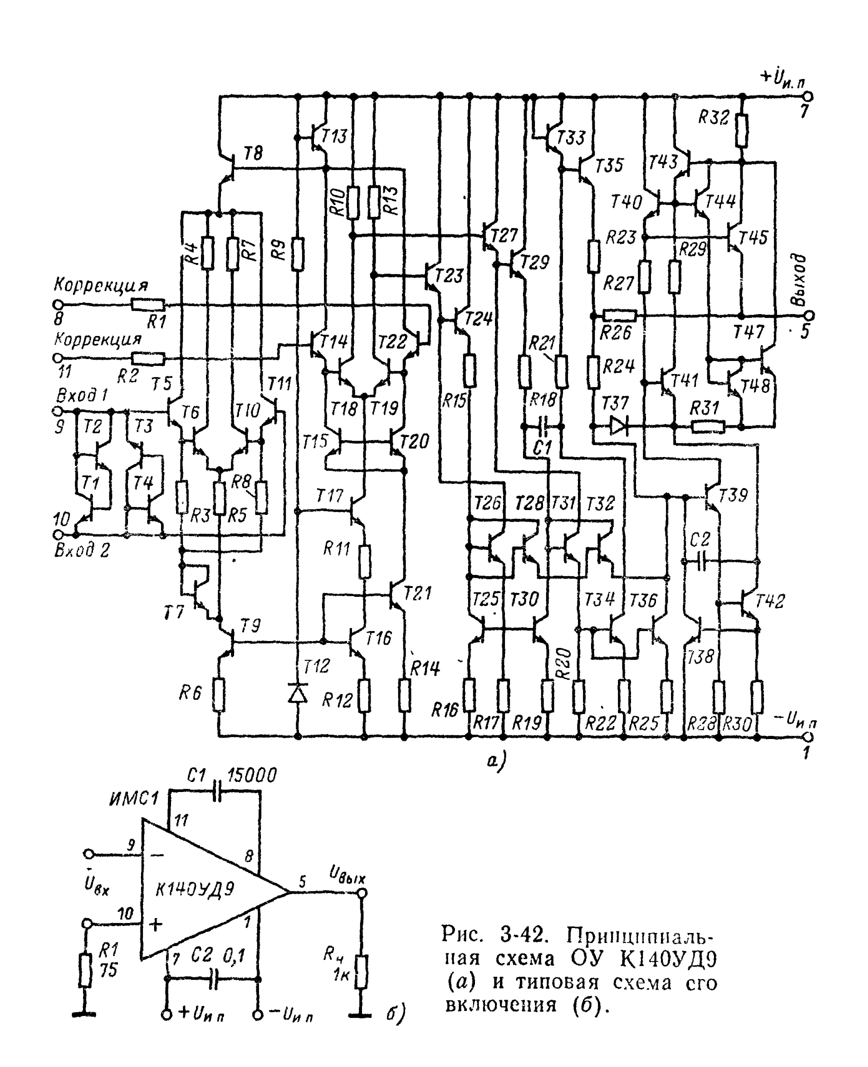


Рис. 3-42. Принципиальная схема ОУ К140УД9 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Таблица 3-16

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	6	15
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	−15	−6
Напряжение каждого входа относительно общей точки $U_{вх}$, В:		
при $R_г \geqslant 1$ кОм	−7	7
при $R_г \geqslant 10$ кОм	−15	15
Ток через входные выводы $I_{вх}$, мА	−5	5
Выходной ток $I_н$, мА	—	22
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	100

Примечания: 1. Допускается разовое, в течение времени не более 3 с, короткое замыкание выхода микросхемы на корпус, на плюс или минус источника питания. Использовать этот режим в качестве эксплуатационного режима работы не допускается.

2. Напряжение $U_{вх}$ при $R_г \geqslant 10$ кОм не должно превышать $\pm U_{и.п}$ при пониженных напряжениях питания, а при $R_г \geqslant 1$ кОм должно быть уменьшено пропорционально понижению питающих напряжений.

Таблица 3-17

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	8	25	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В, $U_{вх}=0$, $U_{вых}=0+0,2$ В
	12	−45	$U_{и.п}=\pm 13,9$ В, $U_{вх}=0$, $U_{вых}=0+0,2$ В
$U_{см}$, мВ	±5	25	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В, $U_{вых}=0+0,2$ В
$\Delta U_{см}$, мкВ/°C	±20	−45÷+25 25−70	
$I_{вх}$, нА	350	25; 70	
	700	−45	
$\Delta I_{вх}$, нА	±100	−25; 70	
	±250	−45	
$\Delta\Delta I_{вх}$, нА/°C	±1,5	25; 70	
	±3	−45	
$K_{yU} \cdot 10^3$	35	25	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В, $R_г=75$ Ом, $f=200$ Гц
	20	−45; 70	
	15	−45; 25; 70	$U_{и.п}=\pm(11,3-13,9)$ В, $R_г=75$ Ом, $f=200$ Гц
$U^+_{вых}$, $\lvert U^-_{вых}\rvert$, В	10	25; 70	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В, $U_{вх}=10$ мВ
	9,6	−45	
	8,2	−45; 25; 70	$U_{и.п}=\pm 11,3$ В
$K_{ос.сф}$, дБ	80	25	$U_{и.п} \pm 12,6$ В, $f=200$ Гц
$K_{вл.и.п}$, мкВ/В	±300	25	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В
$V_{U\,вых}$, В/мкс	0,5	25	$U_{и.п}=\pm 12,6$ В, $U_{вх.имп}=6$ В, $\tau_и=100$ мкс, $f=0,2\div 1,5$ кГц, $\tau_ф \leqslant 0,5$ мкс
$R_{вх}$, кОм	300	25	$f=200$ Гц

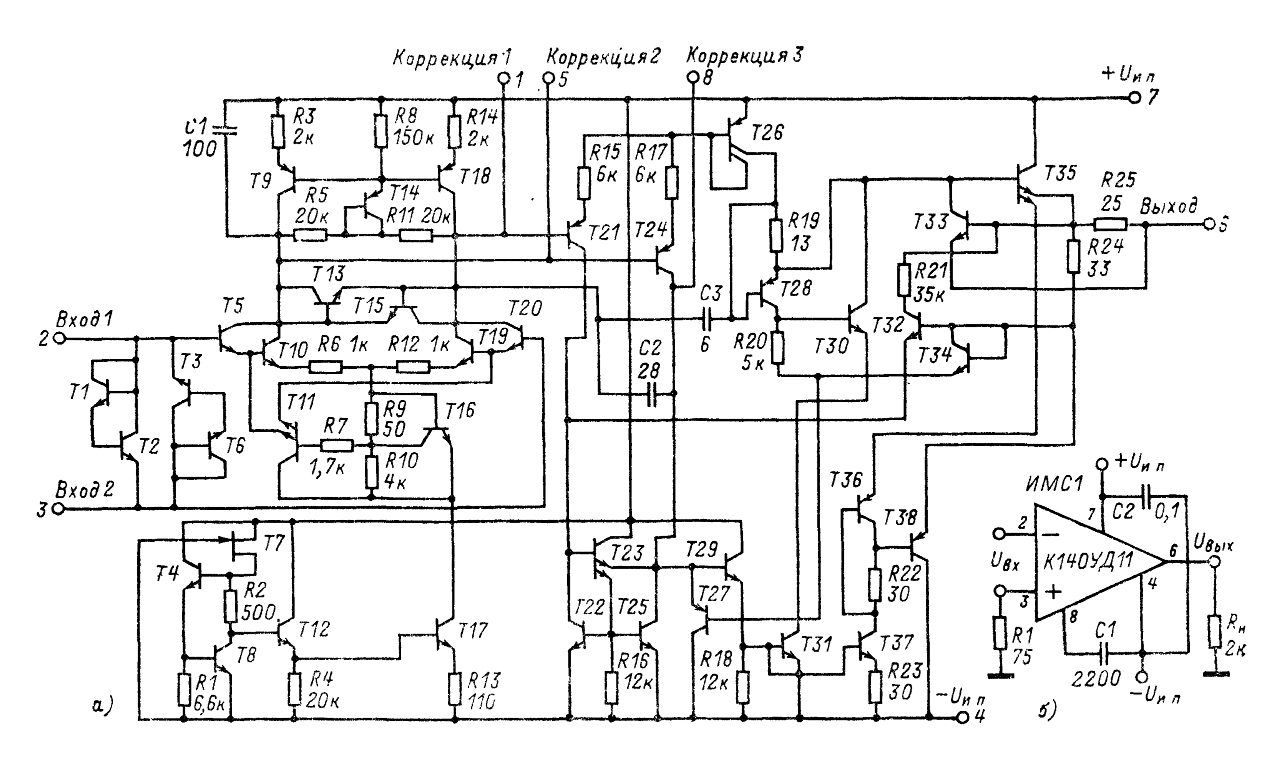


Рис. 3-43. Принципиальная схема ОУ К140УД11 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

МИКРОСХЕМА К140УД11

Микросхема К140УД11 представляет собой быстродействующий операционный усилитель (рис. 3-43, *а* [1]). Операционный усилитель имеет защиту от перенапряжений по входу и схему защиты выхода от коротких замыканий. Типовая схема включения микросхемы К140УД11 приведена на рис. 3-43,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы любые в пределах плюс 5—18 В — минус 5—18 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинальных значений могут быть ±5, ±10, ±20%, но не выходящие за пределы номинальных

Таблица 3-18

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и\,п}$, В	5	20
отрицательного источника $-U_{и\,п}$, В	—20	—5
Напряжение каждого входа относительно общей точки $U_{вх}$, В	—15*	15*
Ток через входные выводы $I_{вх}$, мА	—	10

* При $U_{и\,п}=\pm(15—20)$ В; при $U_{и\,п}=\pm(5-15)$ В $U_{вх}\leqslant\pm U_{и\,п}$.

Таблица 3-19

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	10	25	$U_{и\,п}=\pm18$ В, $U_{вх}=0$
	15	— 10 ; 70	
$U_{см}$, мВ	±10	25	$U_{и\,п}=\pm(5—18)$ В, $U_{вых}=0\pm0{,}05$ В
	±15	— 10 ; 70	
$I_{вх}$, нА	500	25	$U_{и\,п}=\pm15$ В, $U_{вых}=0\pm0{,}05$ В
	700	— 10 ; 70	
$\Delta I_{вх}$, нА	±200	25	
	±300	— 10 ; 70	
$K_{уU}\cdot10^3$	25	25	$U_{и\,п}=\pm15$ В, $R_г=75$ Ом, $f=20$ Гц
	20	— 10 ; 70	
$U^+_{вых}$, $\|U^-_{вых}\|$, В	12	— 10 ÷ + 70	$U_{и\,п}\pm15$ В
$K_{ос\,сф}$, дБ	10	— 10 ÷ + 70	$U_{и\,п}=\pm15$ В, $f=20$ Гц
$K_{вл\,и\,п}$, дБ	65	— 10 ÷ + 70	$U_{и\,п}=\pm15$ В
$V_U\,+_{вых}$, В/мкс	50	25	$U_{и\,п}=\pm15$ В, $K_{уU}=\pm1$, $U_{вх.и}=20$ В, $\tau_и=1{,}5\div3$ мкс, $f=50\div300$ кГц, $\tau_ф\leqslant\leqslant20$ нс
	15	— 10 ; 70	
$V_U\,-_{вых}$, В/мкс	20	25	
	15	— 10 ; 70	

[1] Может быть использован как ОУ общего назначения для построения любых узлов радиоэлектронной аппаратуры.

вышеуказанных значений. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К140УД11 приведены в табл. 3-18.

Электрические параметры микросхемы К140УД11 при $R_н=2$ кОм приведены в табл. 3-19.

МИКРОСХЕМА К140УД12

Микросхема К140УД12 представляет собой микромощный операционный усилитель с регулируемым током потребления и схемой защиты выхода от коротких замыканий (рис. 3-44,*а* [1]). Типовая схема включения микросхемы

а)

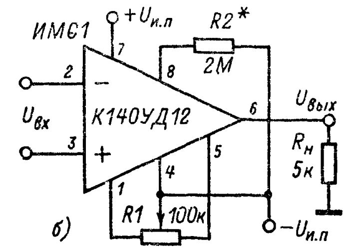


Рис. 3-44. Принципиальная схема ОУ К140УД12 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

К-140УД12 приведена на рис. 3-44,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений +10, −80%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К140УД12 приведены в табл. 3-20. Ток, потребляемый операционным усилителем, регулируется с помощью внешнего резистора *R2* (рис. 3-44,*б*).

Электрические параметры микросхемы К140УД12 приведены в табл. 3-21.

В зависимости от напряжений источников питания и необходимого тока через вывод *8* микросхемы сопротивление резистора *R2* (рис. 3-44,*б*) определяется по формуле

$$R2=\frac{+U_{и.п}+|-U_{и.п}|-0,7}{I_8}.$$

[1] Может быть использован как ОУ общего назначения для построения любых узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения	
1	2	3	4	
$I_{пот}$, мкА	36 30 20 230 190 170	25	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm15$ В $U_{и.п}=\pm3$В $U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm15$ В $U_{и.п}=\pm3$В	$I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В $I_з=15$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
	42 35 25	70	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm15$ В $U_{и.п}=\pm3$В	$I_з=1{,}5$ мкА
	240 200 180	—10	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm15$ В $U_{и.п}=\pm3$В	$I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
$U_{см}$, мВ	$\pm6{,}3$ $\pm6{,}0$ $\pm7{,}8$ $\pm7{,}5$	25 70; —10	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В $U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=1{,}5\div15$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
$I_{вх}$, нА	11 10	25; 70	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
$I_{вх}$, нА	55 50	25; 70	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=15$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
	22 20	—10	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
	110 100		$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=15$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В
$\Delta I_{вх}$, нА	7 6 28 25 11 10 44 40	25; 70 —10	$U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В $U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В $U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В $U_{и.п}=\pm16{,}5$ В $U_{и.п}=\pm(3—15)$ В	$I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В $I_з=15$ мкА, $U_{вых}=(0\pm0{,}1)$ В $I_з=1{,}5$ мкА, $U_{вых}=0\pm0{,}1$ В $I_з=15$ мкА, $U_{вых}=0\pm0{,}1$ В
$K_{yU}\cdot10^3$	50*	—10; 25; 70	$U_{и.п}=\pm15$ В, $U_{вых}=\pm10$ В, $I_з=1{,}5\div15$ мкА, $R_н=75$ кОм	
	25*		$U_{и.п}=\pm3$ В, $U_{вых}=\pm1$ В, $I_з=1{,}5\div15$ мкА, $R_н=75$ кОм	

1	2	3	4
$U^{+}_{вых}$, $\lvert U^{-}_{вых}\rvert$, В	±10*	−10; 25; 70	$U_{и.п}=\pm 15$ В, $U_{вх}=\pm 0{,}1$ В, $I_8=1{,}5\div 15$ мкА, $R_н=75$ кОм
	±2*		$U_{и.п}=\pm 3$ В, $U_{вх}=\pm 0{,}1$ В, $I_8=1{,}5\div 15$ мкА, $R_н=75$ кОм
$K_{ос\ сф}$, дБ	70	−10÷+70	$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $U_{вх}=\pm(1-10)$ мВ, $I_8=1{,}5\div 15$ мкА
$K_{вл\ и\ п}$, мкВ/В	200	−10÷+70	$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=1{,}5\div 15$ мкА
$U_{сф.\ вх}$, В	±10**	−10÷+70	$U_{и.п}=\pm 15$ В
	±1,0**		$U_{и.п}=\pm 3$ В
$R_{вх}$, МОм	50***	25	$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=1{,}5$ мкА
	5,0***		$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=15$ мкА
$R_{вых}$, кОм	5,0***		$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=15$ мкА
	1,0***		$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=15$ мкА
$I_{к.з}$, мА	3,0***	25	$U_{и.п}=\pm(3-15)$ В, $I_8=1{,}5$ мкА
	5,0***		$U_{и.п}=\pm 3$ В, $I_8=15$ мкА
	12***		$U_{и.п}=\pm 15$ В, $I_8=15$ мкА

* При $t=25°$ С указанные значения параметров обеспечиваются при $R_н=5$ кОм. При $t=70°$ С и $-10°$ С, $U_{и.п}=\pm 3$ В, $I_8=15$ мкА указанные значения параметров обеспечиваются на $R_н=75$ кОм.

** При превышении указанного значения $K_{ос\ сф}\to 0$.

*** Типовое значение.

Сопротивление резистора *R2* для двух значений (1,5 и 15 мкА) тока через вывод *8* микросхемы определяется согласно табл. 3-22.

Резистор *R2* можно включать между выводом *8* микросхемы и общей точкой. В этом случае номинальное сопротивление резистора определяется по формуле

$$R2=\frac{(+U_{и.п}-0{,}7)}{I_8}.$$

Наличие тока через вывод *8* микросхемы является необходимым условием обеспечения работоспособности микросхемы.

Таблица 3-20

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	1,5	18
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—18	—1,5
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—	30*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—15*	15*
Напряжение на каждом входе относительно общей точки $U_{вх}$, В	—15*	15*
Ток через вывод *8* I_8, мкА	—	200
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	5	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	100
Время, в течение которого допустимо короткое замыкание выхода микросхемы на корпус или источник питания, *t*, с	—	5

* При $U_{и.п}=\pm(15-18)$ В; при $U_{и.п}=\pm(1{,}5-15)$ В, $U_{вх.дф}\leqslant 2(+U_{и.п})$ $U_{сф.вх}$, $U_{вх}$ не должны превышать напряжений питания.

Таблица 3-22

$U_{и.п}$	R2	I_8
∓1,5	1,69 0,169	1,5 15
∓3,0	3,61 0,361	1,5 15
∓6,0	7,5 0,75	1,5 15
∓15,0	20 2,0	1,5 15
∓18,0	24 2,4	1,5 15

Таблица 3-23

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	4	9,9
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—9,9	4
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—5	5*
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	5	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	2000

* При $U_{и.п}=\mp(9{,}0-9{,}9)$ В; при $U_{и.п}=\mp(4-9)$ В $U_{сф\ вх}$ должно быть пропорционально снижено.

МИКРОСХЕМА К284УД1

Микросхема К284УД1 представляет собой операционный усилитель общего назначения с полевыми транзисторами на входе (рис. 3-45,*а*). Типовая схема включения микросхемы К284УД1 приведена на рис. 3-45,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 9 В, минус 9 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ∓10%. В зависимости от напряжения шумов на выходе, коэффициента ослабления синфазных входных напряжений и температурного дрейфа напряжения смещения микросхемы делятся на группы А, Б и В. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К284УД1 приведены в табл. 3-23.

Электрические параметры микросхем К284УД1 при номинальных напряжениях питания и $R_н=5{,}1$ кОм приведены в табл. 3-24.

Частотная характеристика ОУ аппроксимируется ломаной с тремя изломами, что вызывает необходимость в корректирующей цепочке. Для этой цели между выводами *5* и *8* включается корректирующий конденсатор $C_к$. Чем больше емкость конденсатора $C_к$, тем ближе частотная характеристика ОУ приближается к характеристике звена первого порядка.

Рис. 3.45. Принципиальная схема ОУ К284УД1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Операционный усилитель К284УД1 имеет небольшую скорость нарастания выходного напряжения. Реакция ОУ на входной сигнал при $K_{yU} = +1$ показана на рис. 3-46. Скорость нарастания выходного напряжения возрастает с увеличением коэффициента передачи усилителя. Зависимость скорости нарастания выходного напряжения от коэффициента передачи усилителя представлена на рис. 3-47.

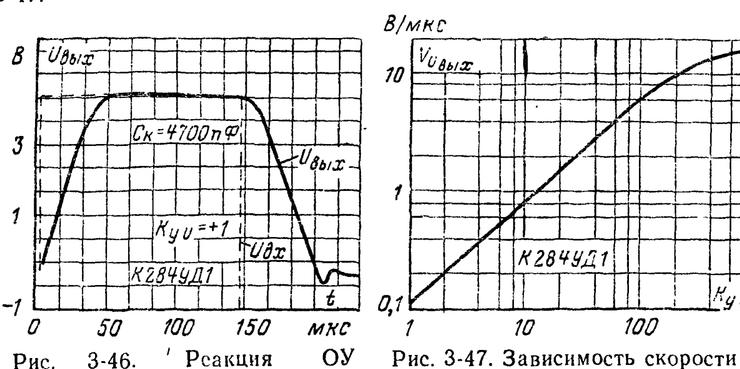


Рис. 3-46. Реакция ОУ К284УД1 на входной сигнал в режиме $K_{yU} = +1$.

Рис. 3-47. Зависимость скорости нарастания выходного напряжения ОУ К284УД1 от коэффициента передачи усилителя.

Таблица 3-24

Параметр	Нормы на параметры К284УД1			t, °C	Режим измерения
	А	Б	В		
$P_{пот}$, мВт	55	55	55	25	$U_{вых}=(0\mp0{,}2)$ В
$U_{см}$, мВ	10	10	10		
$\Delta U_{см}$, мкВ/°C	50	50	100	$-45\div+25$; $+25\div+70$	
$I_{вх}$, нА	1	1	1	25	
$K_{yU}\cdot10^3$	20	20	20	25	$U_{вых}=1$ В, $f=1$ кГц
ΔK_{yU}, %	∓20	∓20	∓20	-45; 70	
$U^+_{вых}$, $\lvert U^-_{вых}\rvert$, В	5	5	5	25	$f=1$ кГц
$K_{ос.сф}$, дБ	70	70	60	25	$U_{вх}=\mp2$ В
$U_{ш}$, мкВ	6	18	—	25	
$f_{в}$, кГц	100	100	100	25	$U_{вых}=1$ В, $K_{yU}=100$, $C_к=27$ пФ
$R_{вх}$, МОм	5	5	5	25	$f=1$ кГц
$R_{вых}$, Ом	200	200	200	25	

Зависимость максимальных выходных напряжений от сопротивления нагрузки приведена на рис. 3-48, а коэффициента усиления и максимального выходного напряжения ОУ от напряжений питания — на рис. 3-49.

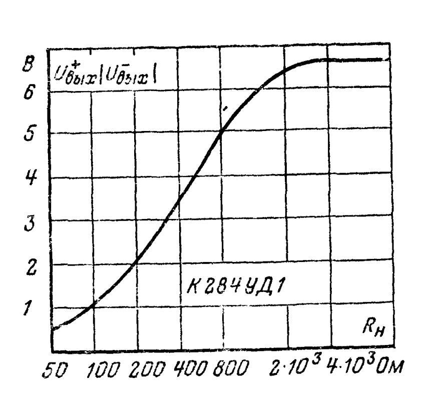


Рис. 3-48. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ К284УД1 от сопротивления нагрузки.

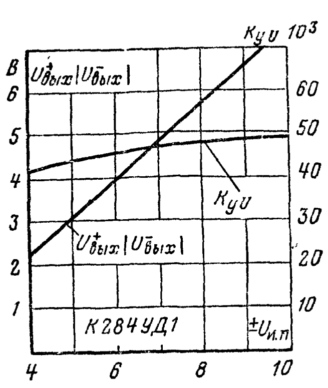


Рис. 3-49. Зависимости коэффициента усиления и максимальных выходных напряжений ОУ К284УД1 от напряжений питания.

МИКРОСХЕМА К284УД2

Микросхема К284УД2 представляет собой операционный усилитель с полевыми транзисторами на входе (рис. 3-50,*а*), предназначенный для построения схем селекции[1]. Типовая схема включения микросхемы К284УД2 приведена на

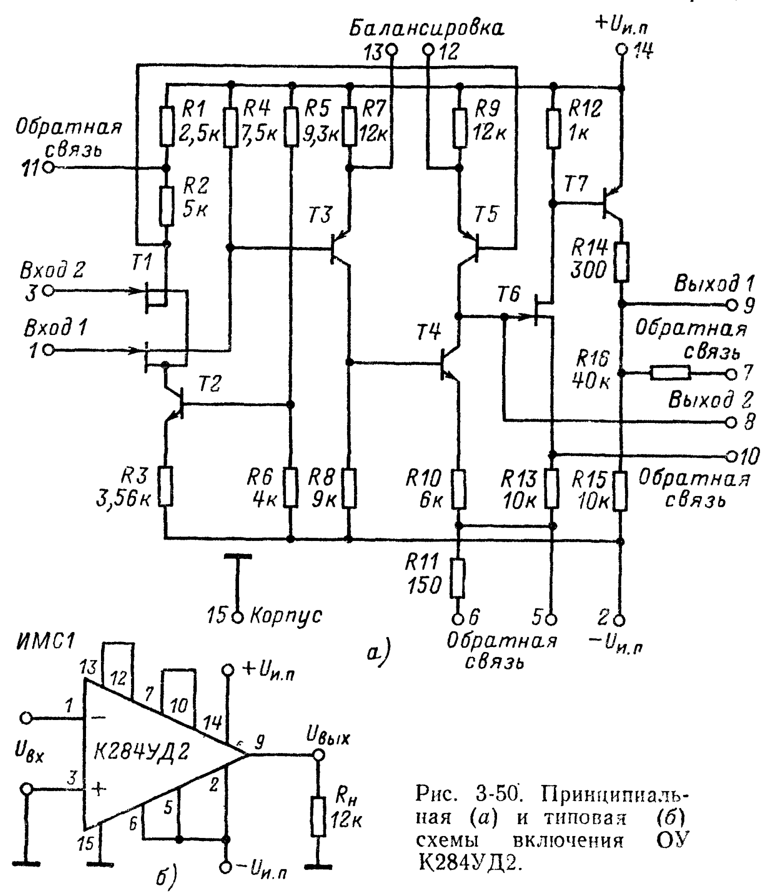


Рис. 3-50. Принципиальная (*а*) и типовая (*б*) схемы включения ОУ К284УД2.

Таблица 3-25

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	5,4	6,6
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	—6,6	—5,4
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—2	2
Синфазное входное напряжение $U_{сф\ вх}$, В	—2	2
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	11,4	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	40

[1] Может быть использован как ОУ общего назначения для построения любых узлов радиоэлектронной аппаратуры.

рис. 3-50, *б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 6 В, минус 6 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ∓10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К284УД2 приведены в табл. 3-25.

Электрические параметры микросхемы К284УД2 при $R_н=12$ кОм приведены в табл. 3-26.

Таблица 3-26

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения	
$P_{пот}$, мВт	80	25	$U_{и.п}=\pm6{,}6$ В, $U_{вых}=1{,}5$ В, $f=40$ Гц	
$U_{см}$, мВ	∓20	25	$U_{и.п}=6{,}6$ В, $K_{yU}=10$	
$\Delta U_{см}$, мкВ/°С	∓600	−45÷+25 25÷+55		
$\Delta I_{вх}$, нА	10	55		
$K_{yU}\cdot10^3$	5	−45; +25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1{,}5$ В, $f=40$ Гц	
	2	55		
$U^{+}_{вых}$, $\lvert U^{-}_{вых}\rvert$, В	1,5	25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $K_{yU}=10$, $f=1$ кГц	
$K_{ос.сф}$, дБ	40	25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1{,}5$ В, $f=40$ Гц	
$K_{вр.Ач}$, дБ	22	25	$f=0{,}04\div40$ кГц	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1$ В
	40		$f=0{,}04\div40$ кГц	
$K_г$, %	1	25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1{,}5$ В, $f=1$ кГц, $K_{yU}=10$	
$\Delta U_{вх}$, дБ	60	25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1{,}5$ В, $f=0{,}04\div$ $\div40$ кГц	
$R_{вх}$, МОм	200*	25	$f=40$ Гц	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $U_{вых}=1$ В
	0,2*		$f=40$ кГц	
	400**		$f=40$ Гц	
	0,4**		$f=40$ кГц	
$R_{вых}$, Ом	10***	25	$U_{и.п}=\pm5{,}4$ В, $f=40$ Гц	
$R_{вых}$, кОм	300****	25	$U_{и.п}=\pm6{,}6$ В, $f=40$ Гц	

* Инвертирующий вход.
** Неинвертирующий вход.
*** По выводу *9*.
**** По выводу *8*.

МИКРОСХЕМА К544УД1

Микросхема К544УД1 представляет собой операционный усилитель общего назначения с высоким входным сопротивлением, обусловленным согласованной парой полевых транзисторов входного дифференциального каскада (рис. 3-51,*а*). Типовая схема включения микросхемы К544УД1 приведена на рис. 3-51,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±5%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем К544УД1 приведены в табл. 3-27.

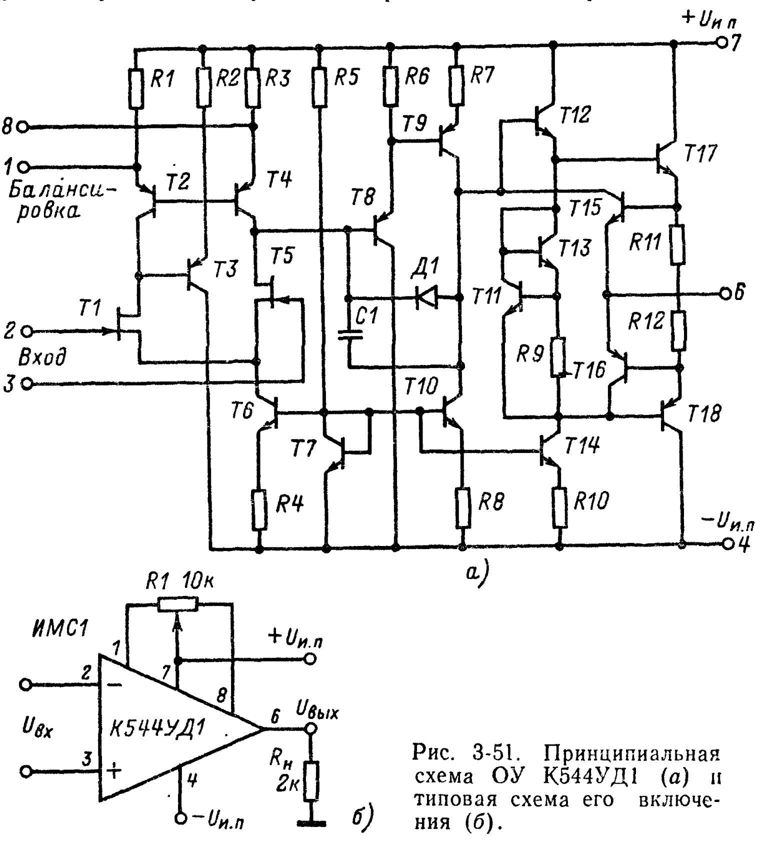


Рис. 3-51. Принципиальная схема ОУ К544УД1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Таблица 3-27

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	8	16,5
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	−16,5	−8
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	−10*	10*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	−10*	10*
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	2	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	500

* При $U_{и.п}=\mp(15-16,5)$ В; при $U_{и.п}=\mp(8-15)$ В $U_{вх.дф}$, $U_{сф.вх}$ должны быть пропорционально снижены.

Таблица 3-28

Параметр	Нормы на параметры К544УД1			t, °C	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот}$, мА	3,5	3,5	3,5	25	$U_{вых}=(0\mp0{,}02)$ В
$\lvert U_{см}\rvert$, мВ	30	50	50	25	
$\lvert \Delta U_{см}\rvert$, мкВ/°С	30	100	10	$-45\div+25$; 25—70	
$I_{вх}$, нА	0,15	1	1	25	
$\Delta I_{вх}$, нА	0,15	1	1	25	
$\Delta\Delta I_{вх}$, пА/°С	50*	50*	50*	$-45\div+70$	
$K_{yU}\cdot10^3$	50 35	20 10	20 10	25 -45; 70	$U_{вых}=\pm4$ В
$U^+_{вых}$, $\lvert U^-_{вых}\rvert$, В	10	10	10	25	
$K_{ос.сф}$, дБ	64	64	64	25	$U_{вх}=\mp5$ В
$K_{вл.ип}$, мкВ/В	300	300	300	25	$\Delta U_{и.п}=\mp1{,}5$ В
$U_{ш.вх}$, мкВ	5	10	10	25	$\Delta f=0{,}1\div10$ Гц
f_1, МГц	1	1	1	25	
$V_{U\,вых}$, В/мкс	2	2	5	25	$U_{вх}=-10$ В
$R_{вх}\cdot10^9$, Ом	10*	10*	10*	25	

* Типовое значение.

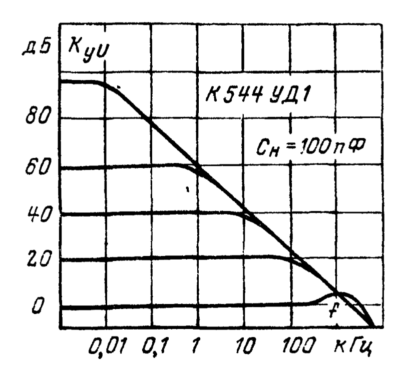


Рис. 3-52. Частотные характеристики ОУ К544УД1 при различных коэффициентах передачи ОУ.

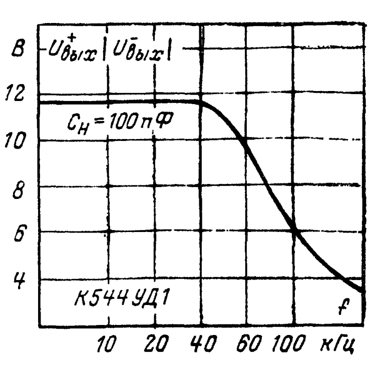


Рис. 3-53. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ К544УД1 от частоты входных сигналов.

В зависимости от значения напряжения смещения и его температурного дрейфа, входного тока, коэффициента усиления, напряжения шумов и скорости нарастания выходного напряжения микросхемы К544УД1 делятся на группы А, Б и В.

Электрические параметры микросхем К544УД1 при номинальных напряжениях питания и $R_н$=2 кОм приведены в табл. 3-28.

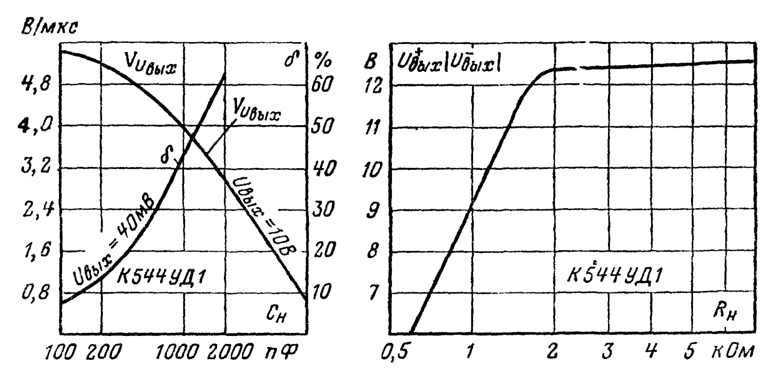


Рис. 3-54. Зависимости скорости нарастания выходного напряжения и выброса на переходной характеристике ОУ К544УД1 от емкости нагрузки.

Рис. 3-55. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ К544УД1 от сопротивления нагрузки.

Частотные характеристики при различных значениях коэффициента передачи ОУ приведены на рис. 3-52. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ от частоты входных сигналов приведена на рис. 3-53. Зависимости скорости нарастания выходного напряжения и выброса на переходной характеристике (в процентах по отношению к установившемуся значению выходного напряжения) ОУ от емкости нагрузки приведены на рис. 3-54. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ от сопротивления нагрузки приведена

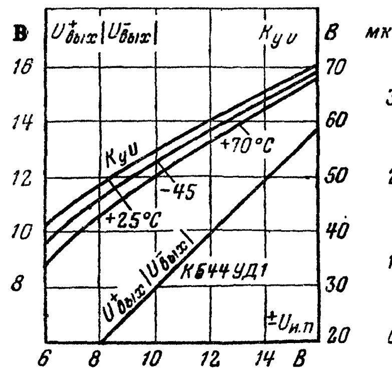


Рис. 3-56. Зависимости максимальных выходных напряжений и коэффициента усиления при различных температурах окружающей среды ОУ К544УД1 от напряжений питания.

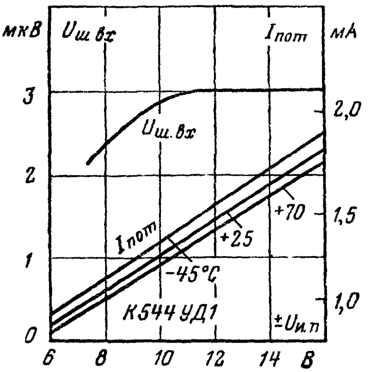


Рис. 3-57. Зависимости приведенных ко входу напряжений шумов и потребляемого тока при различных температурах окружающей среды ОУ К544УД1 от напряжений питания.

на рис. 3-55. Зависимости максимальных выходных напряжений, коэффициента усиления, приведенных по входу напряжений шумов и потребляемого тока ОУ от напряжений питания приведены на рис. 3-56, 3-57.

МИКРОСХЕМА К544УД2

Микросхема К544УД2 представляет собой быстродействующий операционный усилитель (рис. 3-58,*а*). Схема имеет внутреннюю частотную коррекцию, которая обеспечивается при замыкании выводов *1* и *8*. Типовая схема включения микросхемы К544УД2 приведена на рис. 3-58,*б*. Выводы *1* и *5* микросхемы

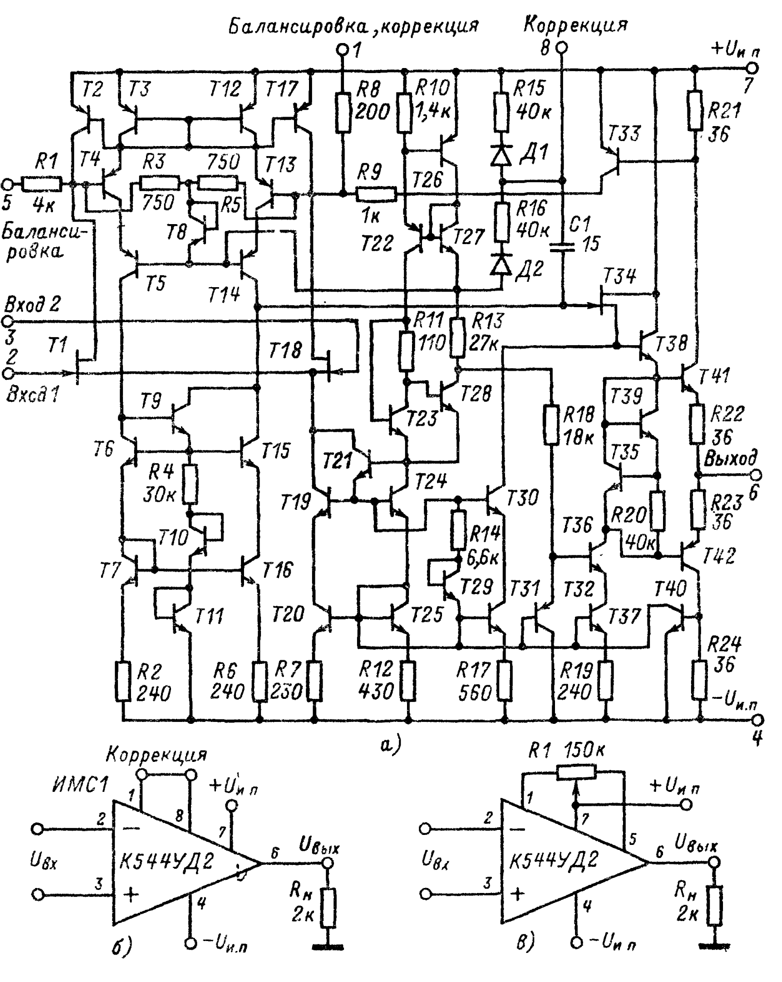


Рис. 3-58. Принципиальная схема ОУ К544УД2 (*а*), типовая схема его включения (*б*) и схема включения ОУ К544УД2 с внешней балансировкой (*в*).

используются для балансировки ОУ (рис. 3-58,*в*). Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К544УД2 приведены в табл. 3-29.

Таблица 3-29

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{п\,п}$, В	6	16,5
отрицательного источника $-U_{п\,п}$, В	—16,5	—6
Выходное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—10*	10*
Синфазное входное напряжение $U_{сф\,вх}$, В	—10*	10*
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	2	—
Емкость нагрузки $C_н$, пФ	—	80

* При $U_{п\,п}=\mp(15-16,5)$ В; при $U_{п\,п}=\mp(6-15)$ В $U_{вх\,дф}$, $U_{сф.вх}$ должны быть пропорционально снижены.

Таблица 3-30

Параметр	Нормы на параметры К544УД2			t, °С	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот}$, мА	7	7	7	25	$U_{вых}=(0\mp0,02)$ В
$\|U_{см}\|$, мВ	30	50	50	25	
$\|\Delta U_{см}\|$, мкВ/°С	50	100	100	—45÷+35; 35—70	
$I_{вх}$, нА	0,1	0,5	1	25	
$\Delta I_{вх}$, нА	0,1	0,5	1	25	
$K_{yU}\cdot10^3$	20 12 10	10 6 5	20 12 10	25 70 —45	$U_{вых}=\mp4$ В
$U^{+}_{вых}$, $\|U^{-}_{вых}\|$, В	10	10	10	+25	$U_{вх}=\mp0,1$ В
$K_{ос.сф}$, дБ	70	70	70	25	$U_{вх}=\mp5$ В
$K_{вл.пп}$, мкВ/В	300	300	300	25	$\Delta U_{п.п}=\mp1,5$ В
f_1, МГц	15	15	15	25	Выводы *1* и *8* разомкнуты
$V_{U\,вых}$, В/мкс	20	20	10	25	$U_{вх}=-10$ В
$R_{вх}\cdot10^9$, Ом	1*	1*	1*	25	
$R_{вых}$, Ом	200*	200*	200*	25	

* Документом на поставку не нормируются.

В зависимости от напряжения смещения и его температурного дрейфа, входного тока, разности входных токов, коэффициента усиления и скорости нарастания выходного напряжения микросхемы К544УД2 делится на группы А, Б и В.

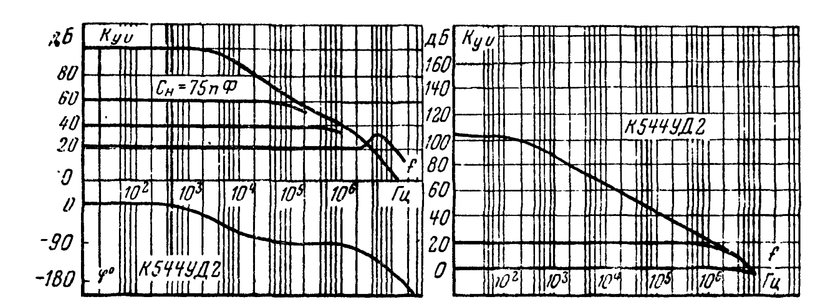


Рис. 3-59. Частотные и фазовые характеристики ОУ К544УД2 при отключенных элементах коррекции (выводы *1* и *8* микросхемы разомкнуты).

Рис. 3-60. Частотные характеристики ОУ К544УД2 при включенных элементах коррекции (выводы *1* и *8* микросхемы замкнуты).

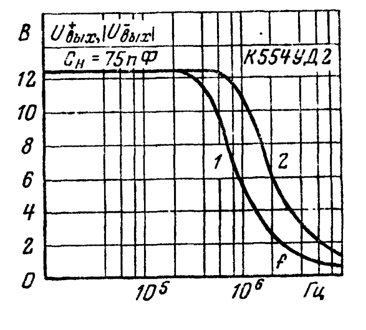


Рис. 3-61. Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ К544УД2 от частоты входных сигналов.

1 — выводы *1* и *8* ИМС замкнуты;
2 — выводы *1* и *8* ИМС разомкнуты.

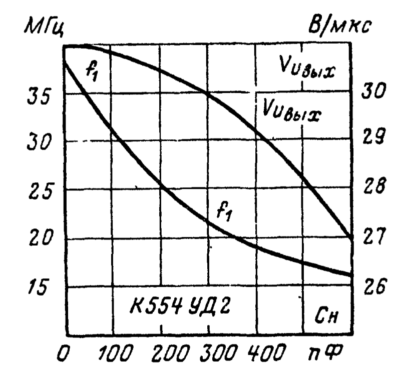


Рис. 3-62. Зависимости частоты единичного усиления и скорости нарастания выходного напряжения ОУ К544УД2 от емкости нагрузки.

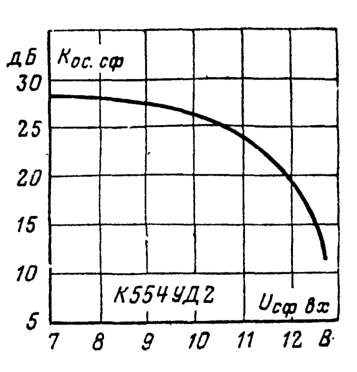


Рис. 3-63. Зависимость коэффициента ослабления синфазного сигнала ОУ К544УД2 от синфазного входного напряжения.

Электрические параметры микросхемы К544УД2 при номинальных напряжениях питания и $R_н=2$ кОм, $C_н=75$ пФ приведены в табл. 3-30.

Не допускается заземление корпуса микросхемы, так как он находится под потенциалом минус $U_{и п}$. При работе ОУ К544УД2 при $K_{yU}\geqslant 20$ допускается эксплуатация ИМС без включения коррекции (выводы *1* и *8* разомкнуты), частотные и фазовая характеристики ОУ для этого случая приведены на рис. 3-59. При $20>K_{yU}>1$ рекомендуется эксплуатация ОУ при включенной коррекции (выводы *1* и *8* замкнуты между собой) или с частично включенной коррекцией (между выводами *1* и *8* включен конденсатор емкостью от 0,5 до 50 пФ). Час-

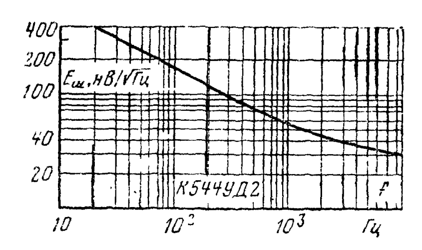


Рис. 3-64. Зависимость нормированной ЭДС шума ОУ К544УД2 от частоты.

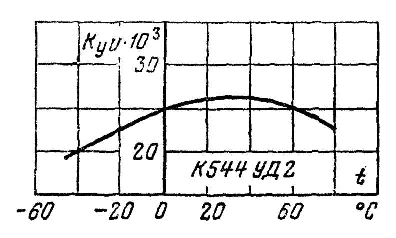


Рис. 3-65. Зависимость коэффициента усиления ОУ К544УД2 от температуры окружающей среды.

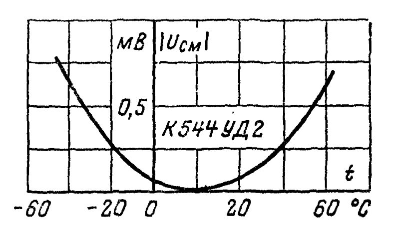


Рис. 3-66. Зависимость модуля напряжения смещения ОУ К544УД2 от температуры окружающей среды.

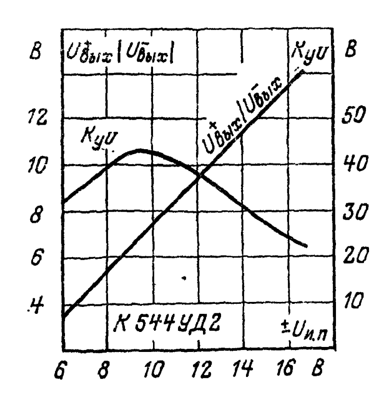


Рис. 3-67. Зависимости максимальных выходных напряжений и коэффициента усиления ОУ К544УД2 от напряжений питания.

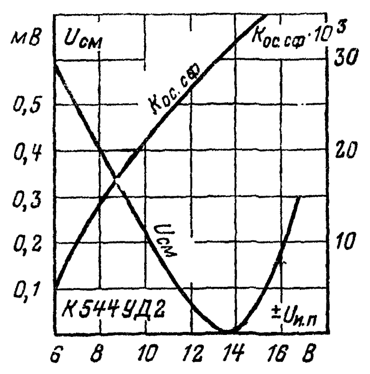


Рис. 3-68. Зависимости модуля напряжения смещения и коэффициента ослабления синфазных сигналов ОУ К544УД2 от напряжений питания.

тотные характеристики ОУ К544УД2 при включенной коррекции приведены на рис. 3-60. При $K_{yU} = 1$ рекомендуется полное включение цепи коррекции.

Зависимости основных электрических параметров ОУ К544УД2 от режимов и температуры окружающей среды приведены на рис. 3-61—3-70.

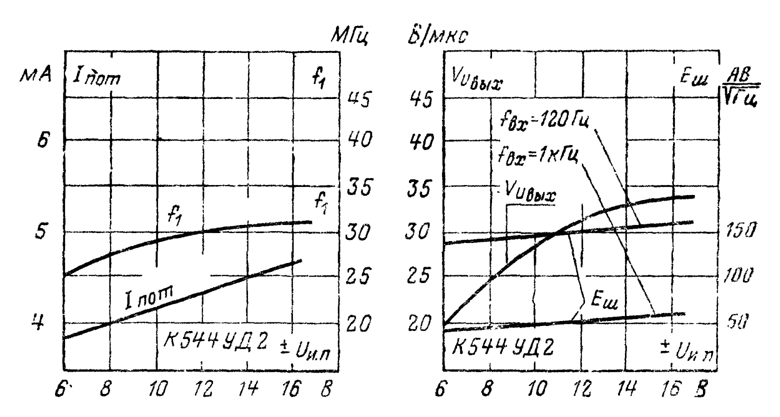


Рис. 3-69. Зависимости тока потребления и частоты единичного усиления ОУ К544УД2 от напряжений питания.

Рис. 3-70. Зависимости скорости нарастания выходного напряжения и нормированной э. д. с. шума ОУ К544УД2 от напряжений питания.

МИКРОСХЕМА К553УД1

Микросхема К553УД1 представляет собой операционный усилитель общего назначения (рис. 3-71,*а*). Типовая схема включения микросхемы К553УД1 приведена на рис. 3-71,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ∓10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем К553УД1 приведены в табл. 3-31. В зависимости от нормы на электрические параметры микросхемы К553УД1 делятся на группы А и В.

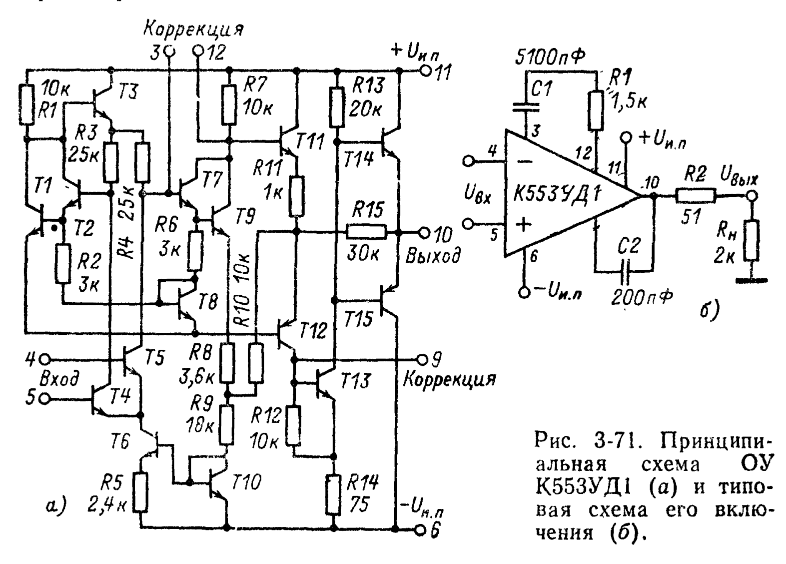


Рис. 3-71. Принципиальная схема ОУ К553УД1 (*а*) и типовая схема его включения (*б*).

Таблица 3-31

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{п.п}$, В	9	16,5
отрицательного источника $-U_{п.п}$, В	—16,5	—9
Входное (дифференциальное) напряжение $U_{вх.дф}$, В	—5*	5*
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—8*	8*
Сопротивление нагрузки, $R_н$, кОм	2	—

* При $U_{п.п}=\mp(15—16,5)$ В; при $U_{п.п}=\mp(9—15)$ В $U_{вх.дф}$, $U_{сф.вх}$ должны быть пропорционально снижены.

Таблица 3-32

Параметр	Нормы на параметры К553УД1		t, °C	Режим измерения
	А	В		
$I_{пот}$, мА	6 8	3,6 4	25; 85 —45	$U_{п.п}=\mp16{,}5$ В, $R_н=10$ кОм
$U_{см}$, мВ	7,5 10	2 5	25 —45; 85	
$I_{вх}$, мкА	1,5 1,7 2,0	0,2 0,25 0,6	25 85 —45	
$\Delta I_{вх}$, мкА	0,5 0,75 1,0	0,05 0,08 0,25	25 85 —45	
$K_{yU}\cdot10^3$	15 9	25 20	25 —45; 85	$U_{вых}=\pm8$ В, $R_н=2$ кОм, $U_{п.п}=\pm15$ В
$U^+_{вых}$, $\|U^-_{вых}\|$, В	10 9	10 10	25 —45; 85	$U_{вх}=0{,}1$ В, $R_н=2$ кОм, $U_{п.п}=\pm15$ В
$K_{ос.сф}$, дБ	65	80	25	$U_{п.п}=\mp15$ В, $R_н=10$ кОм, $U_{сф.вх}=\mp8$ В, $R_г\leqslant10$ кОм
$K_{вл.пп}$, мкВ/В	100*	100*	25	$U_{п.п}=\mp15$ В, $R_н=2$ кОм
$V_{U\,вых}$, В/мкс	0,2*	0,2*	25	
$t_{уст}$, мкс	1,5*	1,5*	25	
$R_{вых}$, Ом	150*	150*	25	

* Типовое значение.

Электрические параметры микросхем К553УД1 приведены в табл. 3-32.

Коррекция частотной характеристики осуществляется введением двух корректирующих цепей (рис. 3-71,*б*): *R1C1* и *C2*. На рис. 3-72,*а* приведены частотные характеристики ОУ без отрицательной обратной связи, на рис. 3-72,*б* — частотные характеристики ОУ с отрицательной обратной связью, на рис. 3-73 — зависимости максимального выходного напряжения ОУ от частоты входного сигнала при различных значениях элементов цепей коррекции. Номинальные значения элементов цепей частотной коррекции приведены в табл. 3-33. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ от сопротивления нагрузки

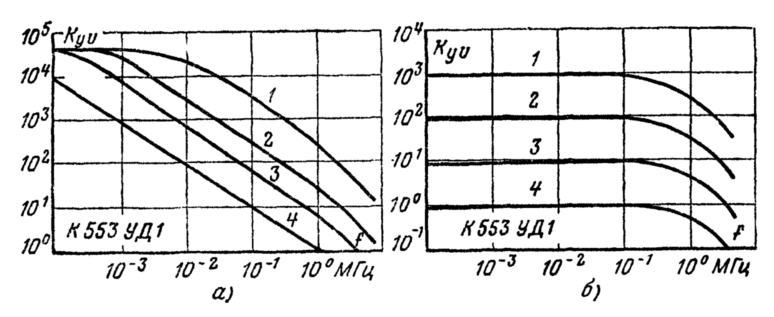


Рис. 3-72. Частотные характеристики ОУ К553УД1 при различных корректирующих цепях без ООС (*а*) и с ООС (*б*).

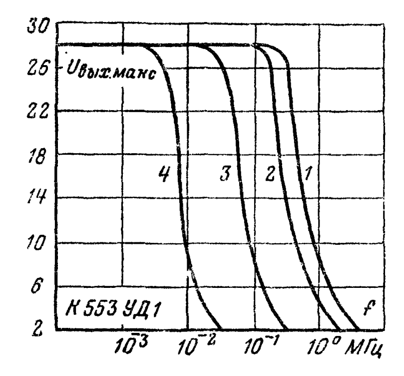


Рис. 3-73. Зависимости максимального выходного напряжения ОУ К553УД1 от частоты входных сигналов при различных корректирующих цепях.

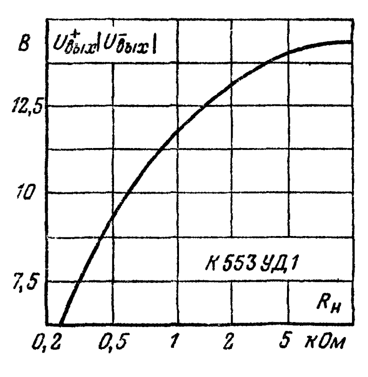


Рис. 3-74. Зависимость максимальных выходных напряжений ОУ К553УД1 от сопротивления нагрузки.

Таблица 3-33

Номер графика на рис. 3-75, 3-76	*R1*, кОм	*C1*, пФ	*C2*, пФ
1	—	10	3
2	1,5	110	3
3	1,5	510	20
4	1,5	5100	200

приведена на рис. 3-74. Зависимости коэффициента усиления, максимальных выходных напряжений, входного тока, тока потребления ОУ К553УД1 от напряжений питания приведены на рис. 3-75, 3-76.

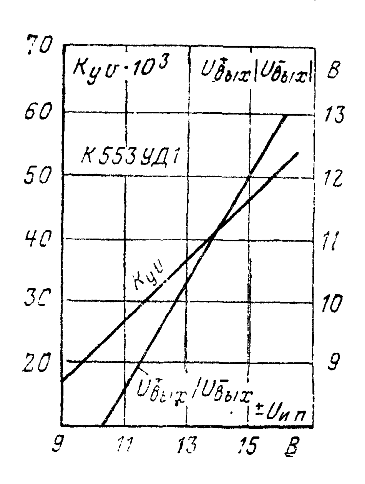


Рис. 3-75. Зависимости коэффициента усиления и максимальных выходных напряжений ОУ К553УД1 от напряжений питания.

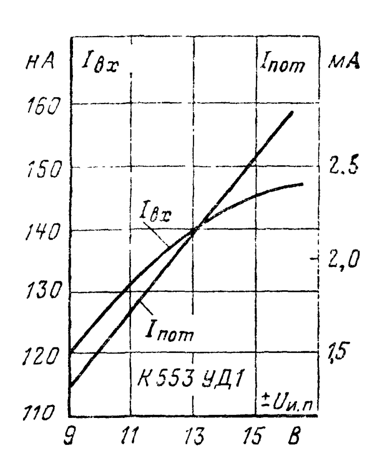


Рис. 3-76. Зависимости входного и потребляемого тока ОУ К553УД1 от напряжений питания.

МИКРОСХЕМА К553УД2

Микросхема К553УД2 представляет собой операционный усилитель общего назначения (рис. 3-77,*а*). Типовая схема включения микросхемы К553УД2 приведена на рис. 3-77,*б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 15 В, минус 15 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ∓10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К553УД2 приведены в табл. 3-34.

Электрические параметры микросхемы К553УД2 при номинальных напряжениях питания приведены в табл. 3-35.

Одна из возможных схем коррекции частотной характеристики ОУ К553УД2 приведена на рис. 3-77,*в*. Частотные характеристики ОУ приведены на рис. 3-78.

Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ от частоты входных сигналов приведены на рис. 3-79. Зависимости потребляемого тока и максимальных выходных напряжений ОУ от напряжений питания приведены на рис. 3-80. Зависимости спектральной плотности эквивалентного шумового напряжения и спектральной плотности эквивалентного шумового тока на входе ОУ от частоты приведены на рис. 3-81.

Таблица 3-34

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения питания:		
положительного источника $+U_{п.п}$, В	5	17
отрицательного источника $-U_{п.п}$, В	—17	—5
Синфазное входное напряжение $U_{сф.вх}$, В	—12*	12*
Сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	2	—

* При $U_{п.п}$=∓(15—17) В; при $U_{п.п}$=∓(5—15) В $U_{сф.вх}$ должно быть пропорционально снижено.

Рис. 3-77. Принципиальная схема ОУ К553УД2 (*а*), типовая схема его включения (*б*) и схема включения ОУ К553УД2 при двухполюсном способе коррекции частотной характеристики (*в*).

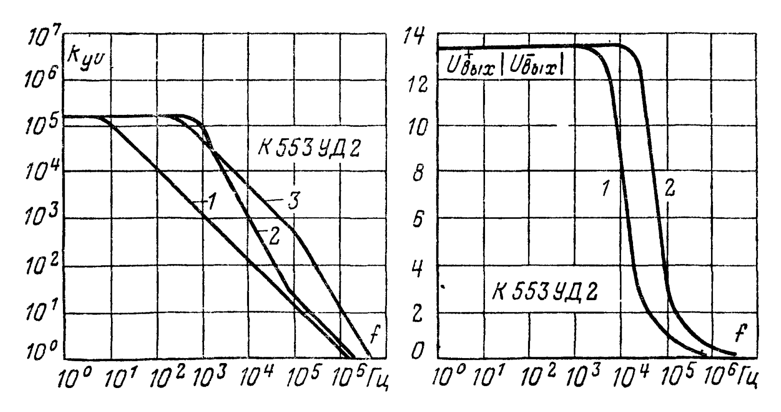


Рис. 3-78. Частотные характеристики ОУ К553УД2.

1 — корректирующая цепь в соответствии с рис. 3-77, *б*; *2* — корректирующие цепи в соответствии с рис. 3-77, *в*; *3* — при включении ОУ по схеме рис. 3-77, *б* без конденсатора *C1*.

Рис. 3-79. Зависимости максимальных выходных напряжений ОУ К553УД2 от частоты входных сигналов.

1 — корректирующая цепь в соответствии с рис. 3-77, *б*; *2* — корректирующая цепь в соответствии с рис. 3-77, *в*.

Таблица 3-35

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	6	25	$R_н = 10$ кОм
$U_{см}$, мВ	7,5 10	25 —45; 85	
$I_{вх}$, мкА	1,5 2	25 —45; 85	
$\Delta I_{вх}$, мкА	0,5 0,4 0,75	25 85 —45	
$K_{yU} \cdot 10^3$	20 15	25 —45; 85	$U_{вых} = \mp 10$ В, $R_н = 2$ кОм
$U^+_{вых}$, $\lvert U^-_{вых} \rvert$, В	10	$-45 \div +85$	$U_{вх} = 0,1$ В, $R_н = 2$ кОм
$V_{U\,вых}$, В/мкс	0,5*	25	
$t_{уст}$, мкс	2*	25	
$C_{вых}$, пФ	100*	25	
$R_{вх}$, кОм	300*	25	
$R_{вых}$, Ом	300*	25	

* Типовое значение.

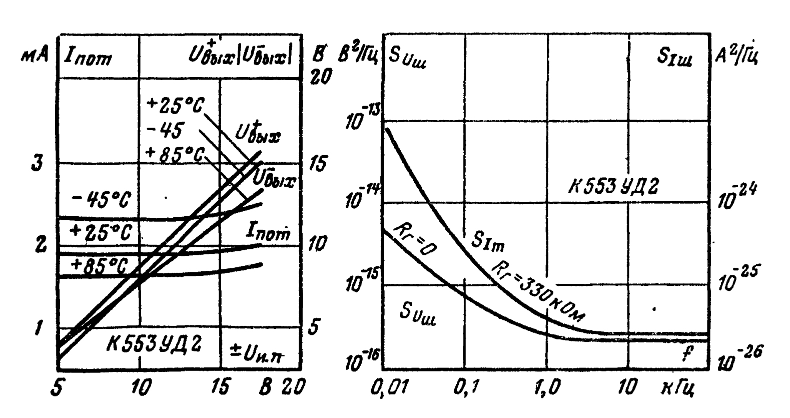


Рис. 3-80. Зависимости потребляемого тока и максимальных выходных напряжений при различных значениях температуры окружающей среды ОУ К553УД2 от напряжений питания.

Рис. 3-81. Зависимости спектральной плотности эквивалентного шумового напряжения на входе ОУ и спектральной плотности эквивалентного шумового тока на входе ОУ К553УД2 от частоты.

Раздел четвертый

УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И НИЗКОЙ ЧАСТОТ

По ширине полосы пропускания и абсолютным значениям усиливаемых частот различают:

1. Усилители постоянного тока, усиливающие электрические колебания любой частоты в пределах от низшей частоты $f_н=0$ до высшей рабочей $f_в$, т. е. усиливающие как переменные составляющие сигнала, так и его постоянную составляющую.

2. Усилители высокой частоты (УВЧ), предназначенные, как правило, для усиления электрических колебаний модулированной высокой частоты, например радиосигналов, принимаемых приемной антенной радиоприемного устройства.

3. Усилители промежуточной частоты (УПЧ), предназначенные для усиления электрических сигналов модулированной промежуточной частоты, например применяемые в радиоприемных устройствах супергетеродинного типа. Усилители как промежуточной, так и высокой частоты характеризуются сравнительно малым отношением высшей рабочей частоты к низшей (обычно $f_в/f_н < 1{,}1$).

4. Усилители низкой частоты (УНЧ), предназначенные для усиления электрических сигналов звуковых частот.

Усилители с высшей рабочей частотой порядка мегагерца и выше и низшей рабочей частотой порядка килогерца или меньше, имеющие очень большое отношение высшей частоты к низшей, называются широкополосными.

Широкие возможности полупроводниковой технологии определили в настоящее время разнообразные схемотехнические приемы построения интегральных усилителей: применение дифференциальных каскадов, построение многокаскадных схем на основе непосредственных связей, существенное усложнение схем и применение глубокой отрицательной обратной связи. В полупроводниковых ИМС почти нет разделительных конденсаторов и индуктивностей, поэтому они являются весьма широкополосными устройствами, причем верхняя граница полосы пропускания определяется в основном частотными характеристиками интегральных транзисторов. Интегральные маломощные усилители, разработанные специально для применения в трактах низкой частоты, имеют полосу пропускания от нуля до 100—1000 кГц, в трактах промежуточной частоты — от нуля до 30 МГц, в трактах высокой частоты — от нуля до 30—200 МГц.

Разделение интегральных усилителей по частоте на усилители низкой частоты, промежуточной частоты и высокой частоты весьма условно, и все они попадают под определение усилителя постоянного тока или широкополосного усилителя.

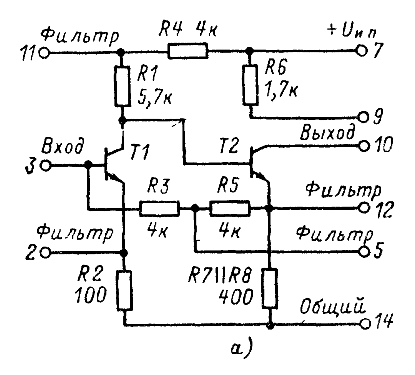
Для широкополосных усилителей нет необходимости в усилении постоянного тока и, чтобы избавиться от паразитных параметров постоянного тока, таких как входной ток, разность входных токов, напряжение смещения и их дрейфы, на входе и выходе интегральных усилителей ставят переходные конденсаторы, емкость которых и определяет нижнюю граничную частоту полосы пропускания.

На основе широкополосных микросхем проектируются функциональные узлы УВЧ со смесителями, УПЧ с детекторами УНЧ радиовещательных, телевизионных приемников и другой аппаратуры. Необходимые параметры и характеристики этих узлов достигаются с помощью внешних навесных элементов. Приведенные электрические параметры микросхем фактически являются электрическими параметрами функциональных узлов, построенных на основе микросхем.

Система параметров и принцип работы усилителей ВЧ, ПЧ, НЧ известны широкому кругу специалистов и радиолюбителей и поэтому не приводятся.

МИКРОСХЕМА К118УН1

Микросхема К118УН1 представляет собой двухкаскадный усилитель постоянного тока (рис. 4-1,*а*). **Типовая схема включения микросхемы К118УН1** приведена на рис. 4-1,*б*.



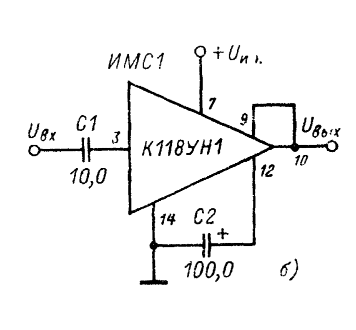


Рис. 4-1. Принципиальная схема микросхемы К118УН1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

В зависимости от **напряжения** питания и коэффициента усиления микросхемы делятся на группы. Микросхемы К118УН1А, К118УН1Б **имеют** номинальное напряжение питания **плюс 6,3 В**, микросхемы К118УН1В, К118УН1Г, К118УН1Д — плюс 12,6 В Допустимые отклонения напряжений источников питания ±10%. Предельно допустимое напряжение питания для микросхем К118УН1А, К118УН1Б не более 6,9 В, для микросхем К118УН1В – К118УН1Д — не более 13,9 В. Предельно допустимое напряжение на входе не более 1,2 В для всех групп микросхем.

Электрические параметры микросхемы при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-1.

Допускается питание микросхем К118УН1А — К118УН1Д пониженным напряжением до плюс 4,5 В, при этом такие параметры, как выходное напряжение, коэффициент усиления, ток потребления, будут уменьшаться пропорционально уменьшению напряжения источника питания. Зависимости тока потребления микросхем К118УН1А—К118УН1Д от напряжения источника питания приведены на рис. 4-2.

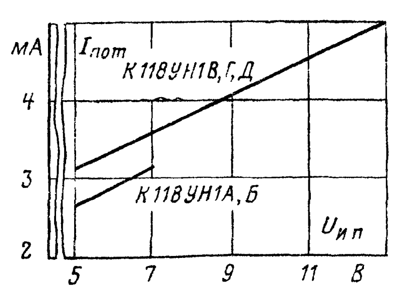


Рис. 4-2. Зависимости тока потребления микросхемы К118УН1 от напряжения источника питания.

Основные характеристики микросхемы— амплитудные, амплитудно-частотные и фазовая представлены на рис. 4-3, *а—в*.

При подключении к микросхеме внешней нагрузки сопротивлением менее 20 кОм коэффициент усиления микросхемы падает. При уменьшении емкости конденсатора *С2* коэффициент усиления микросхемы также падает. Зависимости коэффициента усиления микросхем от сопротивления нагрузки при различных значениях емкости конденсатора *С2* приведены на рис. 4-6, *а—в*.

Включая резистор между выводами *3* и *12* микросхемы, тем самым вводим дополнительную отрицательную обратную связь, при этом коэффициент усиления микросхемы падает. Зависимости коэффициента усиления микросхемы от сопротивления в цепи обратной связи приведены на рис. 4-4.

Зависимости коэффициента гармоник от выходного напряжения приведены на рис. 4-5.

Рис. 4-3. Амплитудные характеристики микросхемы К118УН1 (*а*), амплитудно-частотные (*б*) и фазовая (*в*) характеристики микросхемы К118УН1.

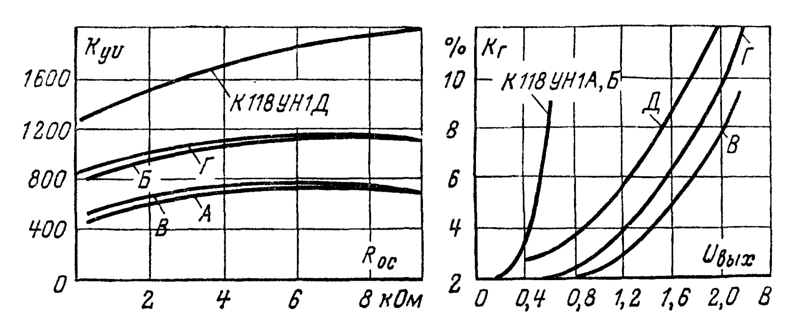


Рис. 4-4. Зависимости коэффициента усиления микросхемы К118УН1 от сопротивления в цепи обратной связи.

Рис. 4-5. Зависимость коэффициента гармоник микросхемы К118УН1 от выходного напряжения микросхемы.

Рис. 4-6. Зависимости коэффициента усиления микросхемы К118УН1 от сопротивления нагрузки микросхемы.

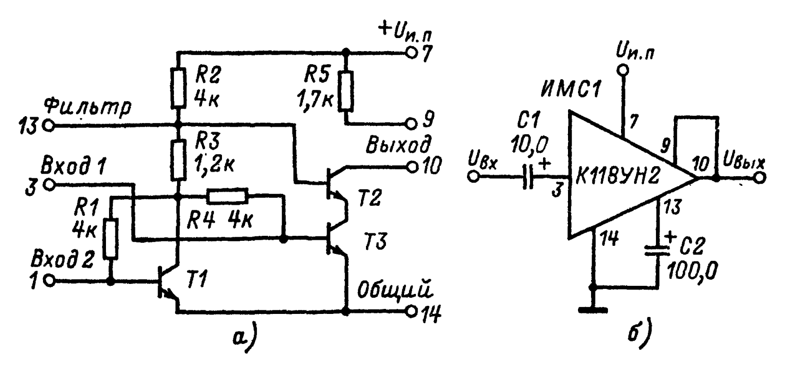


Рис. 4-7. Принципиальная схема микросхемы К118УН2 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-1

Параметр	Нормы на параметры К118УН1 А	Б	В	Г	Д	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	3,5	3,5	5,0	5,0	5,0	+25	
K_{yU}	250	400	350	500	800		f=12 кГц, $U_{вх}$=1 мВ
ΔK_{yU}, %	±50	±50	±50	±50	±50	+70; −10	
$U_{0\ вых}$, В	2,4—3,8	2,4—3,8	7,0—9,6	7,0—9,6	7,0—9,6	+25	
$U_{ш}$, мкВ	4	4	4	4	4		f=20÷20 000 Гц
$R_{вх}$, кОм	1,5 2,0	1,5 2,0	1,5 2,0	1,5 2,0	1,5 2,0	−10 +25	f=12 кГц, $U_{вх}$=1 мВ f=12 кГц
$R_{вых}$, кОм	0,8—3,0	0,8—3,0	0,8—3,0	0,8—3;0	0,8—3,0	+25	f=12 кГц
$K_{г}$, %	5					+25	При $U_{вых}$=0,3 В для группы А
		5					0,5 В для группы Б
			5				0,5 В для группы В
				5			1,0 В для группы Г
					5		0,8 В для группы Д
$f_{в}$, кГц	100	100	100	100	80	+25	$U_{вх}$=1 мВ
$f_{макс}$, МГц	5	5				+25	K_{yU}=30, $U_{вх}$=1 мВ
			5	5	5		K_{yU}=50, $U_{вх}$=1 мВ

Таблица 4-2

Параметр	Нормы на параметры К118УН2			t, °С	Режим измерения
	А	Б	В		
$I_{пот}$, мА	2,0	3,0	3,0	+25	
K_{yU}	15	25	40		$f=12$ кГц, $U_{вх}=1$ мВ
ΔK_{yU}, %	±60	±60	±60	−10, +70	
$R_{вх}$, кОм	1	1	1	25	
$R_{вых}$, кОм	1,2—3,0	1,2—3,0	1,2—3,0		
$f_{макс}$, МГц	5				$K_{yU}=5$
		5	5		$K_{yU}=8$
$f_в$, кГц	90	90	90		$U_{вх}=1$ мВ
$U_ш$, мВ	10	10	10		$\Delta f=20\div20\,000$ Гц
$U_{0\,вых}$, В	2,4—3,8	3,8—5,5	3,8—5,5		
$K_г$, %	5	5	5		$U_{вых}=0,1$ В

МИКРОСХЕМА К118УН2

Микросхема К118УН2 представляет собой каскодный усилитель (рис. 4-7,*а*). Типовая схема включения микросхемы К118УН2 приведена на рис. 4-7,*б*.

В зависимости от напряжения питания и коэффициента усиления микросхемы делятся на группы. Микросхема К118УН2А имеет номинальное напряжение питания плюс 4,0 В, микросхемы К118УН2Б, К118УН2В — плюс 6,3 В. Допустимые отклонения напряжений источников питания ±10%. Предельно допустимое напряжения питания для микросхемы К118УН2А не более 4,4 В, для микросхем К118УН2Б, К118УН2В — не более 6,9 В. Предельно допустимое напряжение на входе микросхем К118УН2А, К118УН2Б не более 0,1 В, для микросхемы К118УН2В — не более 0,05 В.

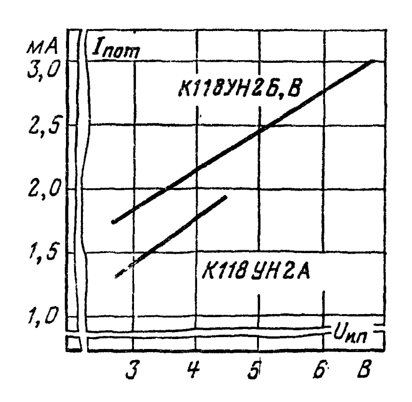


Рис. 4-8. Зависимости тока потребления микросхемы К118УН2 от напряжения источника питания.

Электрические параметры микросхемы при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-2.

Допускается питание микросхем К118УН2А—К118УН2В пониженным напряжением до 2,7 В. При этом электрические параметры микросхем примут иное значение, чем в табл. 4-2: ток потребления, коэффициент усиления будут уменьшаться пропорционально уменьшению напряжения источника питания, коэффициент гармоник будет возрастать. Зависимости тока потребления микросхем К118УН2А — К118УН2В от напряжения источника питания приведены на рис. 4-8.

Основные характеристики микросхемы — амплитудные и амплитудно-частотные приведены на рис. 4-9,*а*, *б*. Зависимости коэффициента усиления микро-

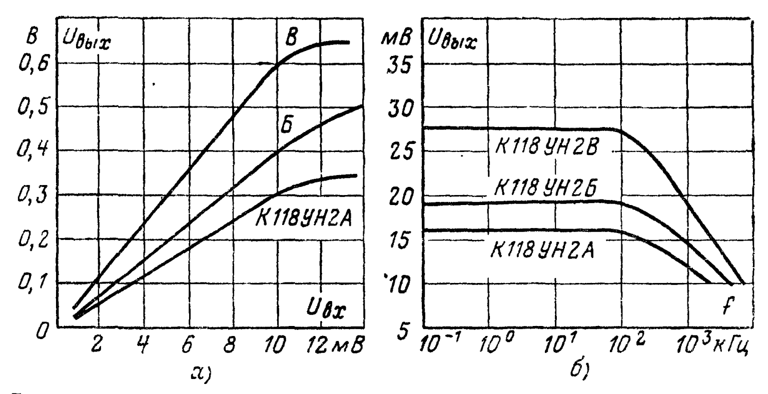


Рис. 4-9. Амплитудные (*а*) и амплитудно-частотные характеристики (*б*) микросхемы К118УН2.

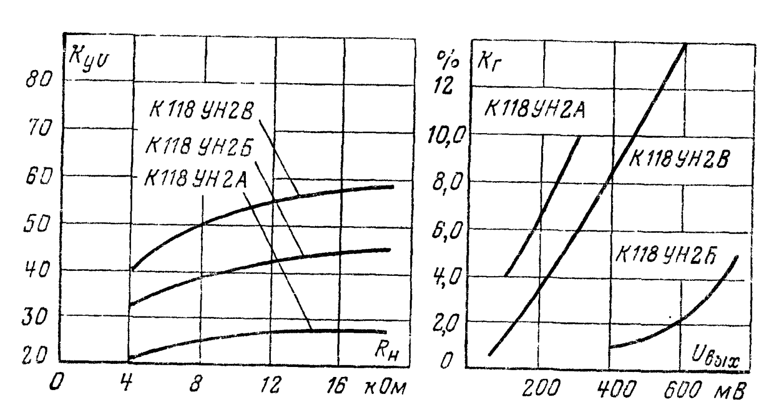


Рис. 4-10. Зависимости коэффициента усиления микросхемы К118УН2 от сопротивления нагрузки.

Рис. 4-11. Зависимости коэффициента гармоник микросхемы К118УН2 от выходного напряжения микросхемы.

схем от сопротивления нагрузки приведены на рис. 4-10. Зависимости коэффициента гармоник от выходного напряжения приведены на рис. 4-11.

В качестве входа микросхемы можно также использовать вывод *1*. При этом коэффициент усиления возрастает примерно в 3 раза, что иллюстрировано на примере микросхемы К118УН2Б, зависимость коэффициента усиления которой от частоты приведена на рис. 4-12.

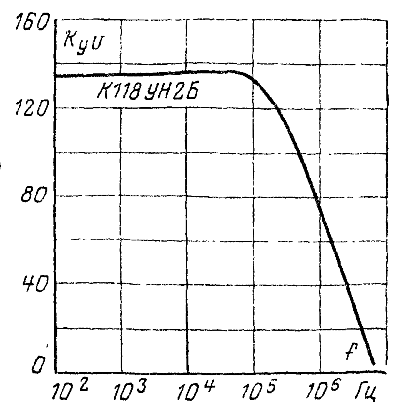


Рис. 4-12. Зависимость коэффициента усиления микросхемы К118УН2Б от частоты при подаче входного сигнала на вывод *1* микросхемы.

МИКРОСХЕМА К123УН1

Микросхема К123УН1 представляет собой усилитель низкой частоты (рис. 4-13,*а*). Типовая схема включения микросхемы К123УН1 приведена на рис. 4-13,*б*. В зависимости от коэффициента усиления и коэффициента гармоник микросхемы делятся на группы А, Б, В. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6,3 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального ±10%. Предельно допустимое напряжение питания не более плюс 7,25 В. Предельно допустимое напряжение на входе не более 0,5 В для всех групп микросхем.

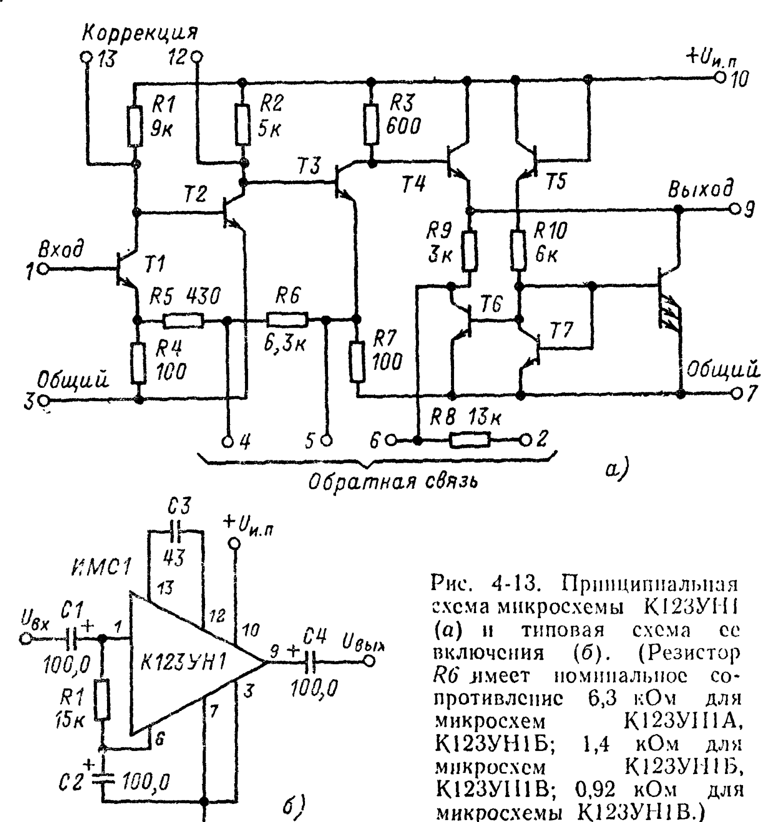


Рис. 4-13. Принципиальная схема микросхемы К123УН1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*). (Резистор *R6* имеет номинальное сопротивление 6,3 кОм для микросхем К123УН1А, К123УН1Б; 1,4 кОм для микросхем К123УН1Б, К123УН1В; 0,92 кОм для микросхемы К123УН1В.)

Электрические параметры микросхемы приведены в табл. 4-3.

Допускается питание микросхем К123УН1 — К123УН1В пониженным напряжением до 4,0 В. При этом ток, потребляемый микросхемой, уменьшается пропорционально понижению напряжения питания (рис. 4-14). Остальные параметры незначительно изменяют свою величину, что иллюстрировано на примере коэффициента усиления и выходного сопротивления на рис. 4-15, 4-16.

Основные характеристики микросхемы — амплитудная и частотные при различных значениях емкости корректирующего конденсатора *С3* приведены на рис. 4-17,*а—г*. Частотную характеристику микросхемы можно корректировать также и другими способами. Так, при включении конденсатора между выводами *3* и *4* микросхемы коэффициент усиления на высоких частотах возрастает (рис. 4-18), а при включении между выводами *4* и *5* падает (рис. 4-19).

Коэффициент усиления во всей полосе частот можно регулировать, меняя глубину отрицательной обратной связи ИМС. Так, при включении резистора

Таблица 4-3

Параметр	Нормы на параметры К123УН1			t, °C	Режим измерения	
	А	Б	В			
$I_{пот}$, мА	15	15	15	−60 +85	$U_{п.п}$=6,9 В	
K_{yU}	300 — 500	100 — 350	30 — 500	+25	$U_{п.п}$=6,3 В	f=1 кГц, $U_{вых}$=0,5 В, $R_н$=0,5 кОм
ΔK_{yU}, %	+15; −5 −20; +5	+10; −5 −20; +5	+15; −5 −20; +5	+85 −60	$U_{п.п}$=6,3 В± ±10%	
$K_г$, %	2	2	5	−60; +85	$U_{п.п}$=5,7 В	
$R_{вых}$, кОм	0,2	0,2	0,2			$U_{вх}$=10 мВ, f=1 кГц, $R_н$=0,5 кОм
$R_{вх}$, кОм	10	10	10	+25 −60		
$f_н$, Гц	20	20	20	+85	$U_{п.п}$=6,3 В	
$f_в$, кГц	100	100	100			

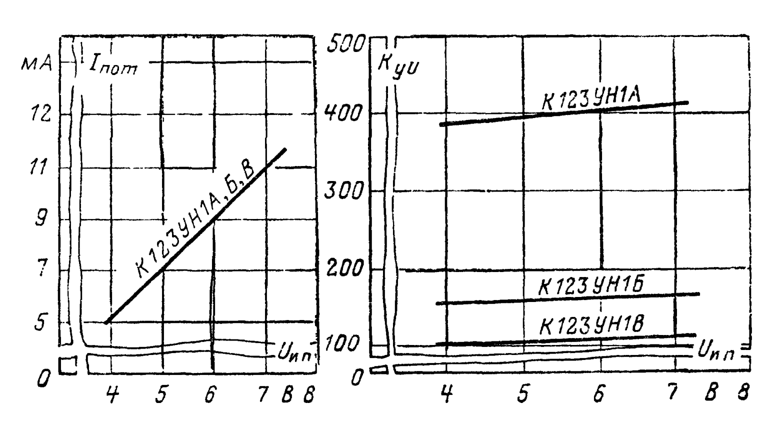
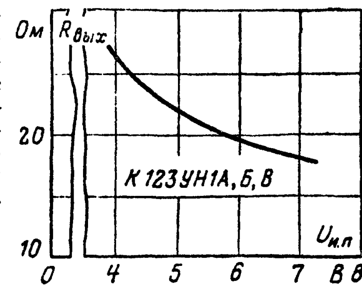


Рис. 4-14. Зависимость тока потребления микросхемы К123УН1 от напряжения источника питания.

Рис. 4-15. Зависимости коэффициента усиления микросхемы К123УН1 от напряжения источника питания.

сопротивлением 100 Ом — 15 кОм между выводами *3* и *4* микросхемы коэффициент усиления возрастает тем больше, чем меньше значение сопротивления резистора (при резисторе величиной 100 Ом коэффициент усиления возрастает более чем в 3 раза), при включении между выводами *4* и *5* он падает (при короткозамкнутых выводах *4* и *5* падает более чем



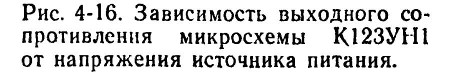

Рис. 4-16. Зависимость выходного сопротивления микросхемы К123УН1 от напряжения источника питания.

Рис. 4-17. Амплитудные характеристики микросхемы К123УН1 (*а*) и частотные характеристики микросхемы К123УН1 при различных значениях емкости корректирующего конденсатора *С3* (*б—г*).

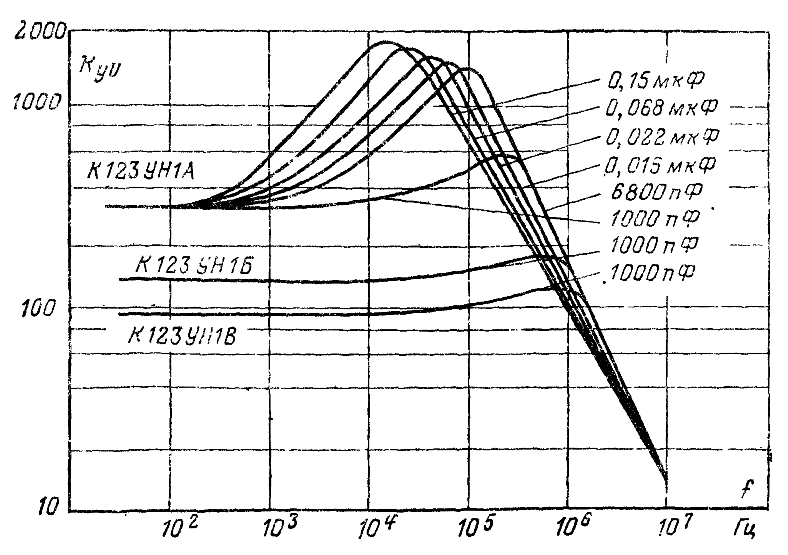


Рис. 4-18. Частотные характеристики микросхемы К123УН1 при различных значениях корректирующей емкости, включенной между выводами *3* и *4* микросхемы. (При значениях емкости более 1000 пФ частотные характеристики микросхем К123УН1Б, К123УН1В аналогичны частотным характеристикам микросхемы К123УН1А.)

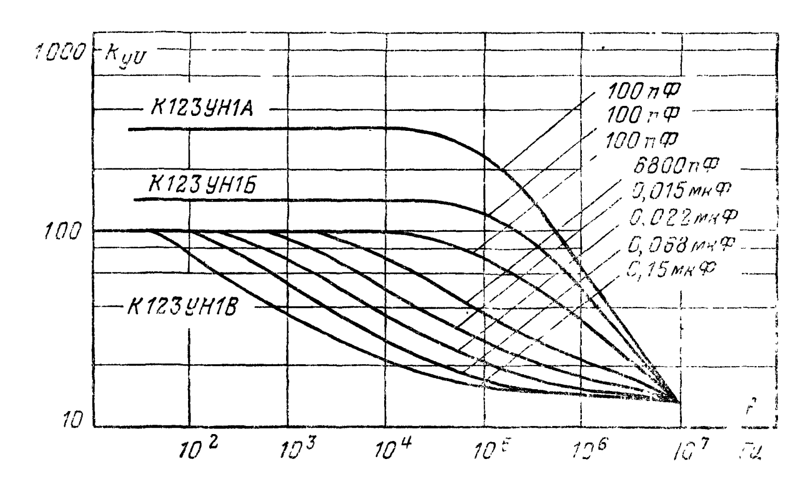


Рис. 4-19. Частотные характеристики микросхемы К123УН1 при различных значениях корректирующей емкости, включенной между выводами *1* и *5* микросхемы. (При значениях емкости более 100 пФ частотные характеристики микросхем К123УН1А, К123УН1Б аналогичны частотным характеристикам микросхемы К123УН1В.)

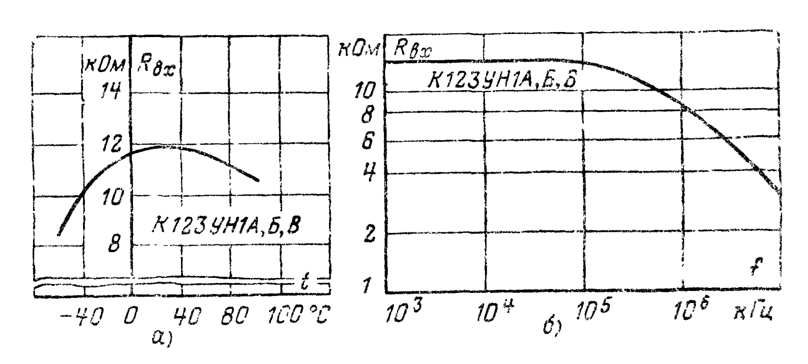


Рис. 4-20. Зависимости входного сопротивления микросхемы К123УН1 от температуры окружающей среды (*а*) и частоты входного сигнала (*б*).

вдвое). Коэффициент усиления микросхемы практически не изменяется при уменьшении сопротивления нагрузки до 500 Ом.

Зависимости входного сопротивления микросхемы от температуры окружающей среды и частоты входного сигнала приведены на рис. 4-20, *а, б*.

Допускается включение микросхем без навесного резистора *R1* (см. рис. 4-13, *б*)

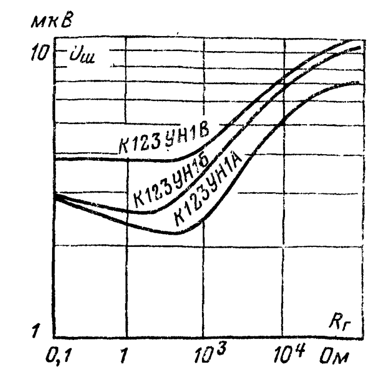


Рис. 4-21. Зависимости напряжения шумов микросхемы приведенных ко входу, от сопротивления генератора.

при короткозамкнутых выводах *1* и *2*. При этом входное сопротивление микросхемы может быть несколько менее 10 кОм.

Микросхема обладает довольно низким уровнем собственных шумов. Зависимости напряжения шумов, приведенных ко входу, от сопротивления генераторов на рис. 4-21. Схема измерения напряжения шумов приведена на рис. 4-22. При изменении напряжения питания от 4 до 7 В напряжение шумов, приведенное ко входу, практически не изменяется.

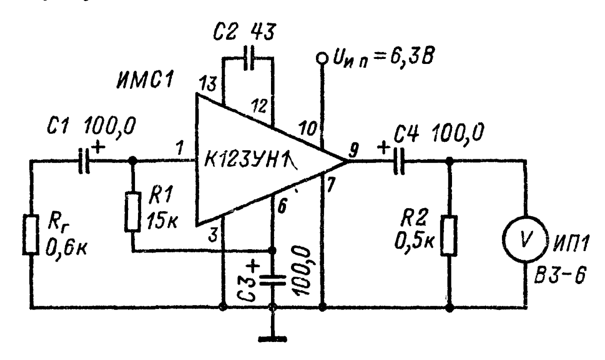


Рис. 4-22. Схема измерения напряжения шумов, приведенных ко входу, микросхемы К123УН1.

Микросхема, включенная в соответствии с рис. 4-13,*б*, является широкополосным усилителем постоянного тока и может быть использована как видеоусилитель.

Ориентировочные значения электрических параметров видеоусилителя:
амплитуда входных импульсов до 0,4 В;
полярность входных импульсов положительная или отрицательная;
длительность импульсов не менее 10,0 мкс;
частота повторения не более 50,0 кГц;
полярность выходных импульсов отрицательная или положительная;
амплитуда выходных импульсов ограничивается уровнем насыщения выходного транзистора микросхемы (см. рис. 4.17,*а*).

Повышение входного сопротивления микросхемы К123УН1 обеспечивается включением на ее входе полевого транзистора (рис. 4-23,*а*). Отрицательная

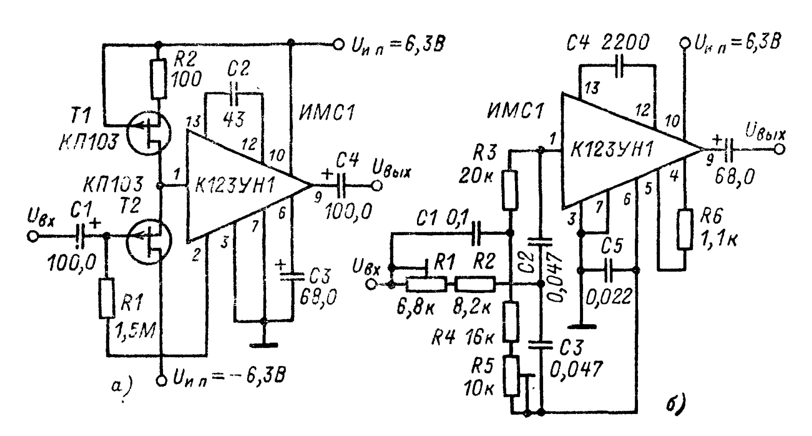


Рис. 4-23. Принципиальные схемы усилителя низкой частоты с высоким входным сопротивлением (*а*) и избирательного усилителя на микросхеме К123УН1 на частоту 160 Гц (*б*).

обратная связь, стабилизирующая режим микросхемы К123УН1, охватывает входной каскад, выполненный по схеме повторителя с использованием второго полевого транзистора в качестве нагрузки в цепи истока. При использовании пары полевых транзисторов с одинаковыми параметрами постоянные напряжения на входе и выходе повторителя равны и режим микросхемы К123УН1 по постоянному току не изменяется. Схема обеспечивает входное сопротивление не менее 1,5 МОм без ухудшения параметров.

На микросхеме К123УН1 можно выполнить усилитель с любой заданной частотной характеристикой в пределах полосы пропускания микросхемы при помощи избирательных элементов (*RC*, *LC*, пьезокерамических фильтров), включенных на входе, выходе или в цепи обратной связи. На рис. 4-23,*б* в качестве примера приведен избирательный усилитель на частоту 160 Гц с полосой пропускания по уровню 0,7.

Микросхема К123УН1 может использоваться как усилитель с автоматической регулировкой усиления (рис. 4-24,*а*). Зависимости коэффициента усиления от изменения тока в цепи АРУ приведены на рис. 4-24,*б*.

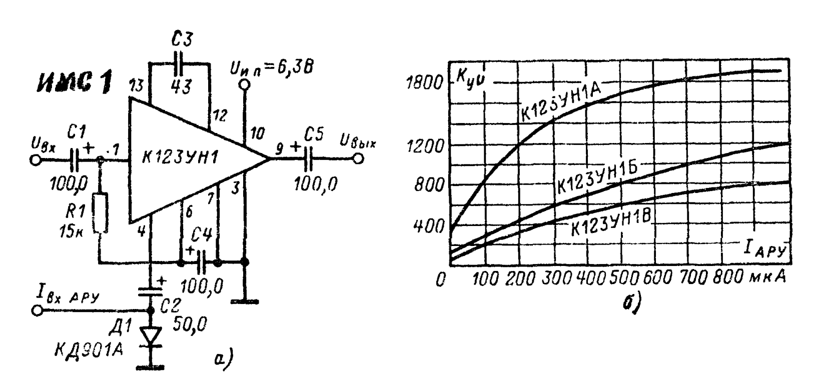


Рис. 4-24. Принципиальная схема усилителя на микросхеме К123УН1 с АРУ (*а*) и зависимости коэффициента усиления микросхемы К123УН1 от изменения тока в цепи АРУ (*б*).

МИКРОСХЕМА К148УН1

Микросхема К148УН1 представляет собой усилитель низкой частоты с выходной мощностью 1 Вт на сопротивлении нагрузки 30 Ом (рис. 4-25,*а*). Типовая схема включения микросхемы К148УН1 приведена на рис. 4-25,*б*. Номиналь-

Таблица 4-4

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжения источников питания:		
положительного источника $+U_{и.п}$, В	+10,8	+13,2
отрицательного источника $-U_{и.п}$, В	−13,2	−10,8
Входное напряжение $U_{вх}$, В	—	1,5
Входное синфазное напряжение $U_{сф}$, В	—	5,5
Выходной ток $I_{п}$, мА	—	260

Рис. 4-25. Принципиальная схема микросхемы К148УН1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*)

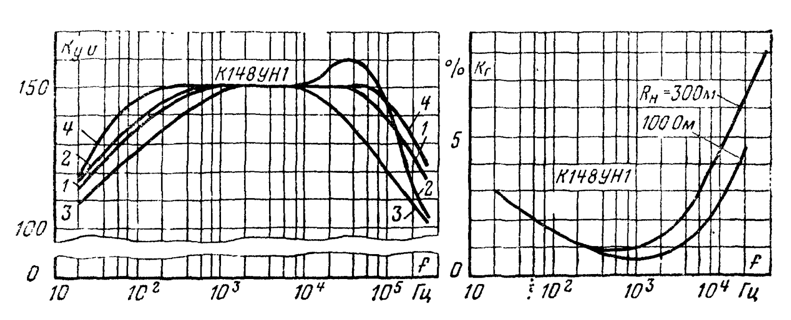


Рис. 4-26. Частотные характеристики микросхемы К148УН1.

1 — $R_н$=30 Ом; *2* — $R_н$=30 Ом; $C_н$=510 пФ; *3* — $R_н$=15 Ом; *4* — $R_н$=100 Ом.

Рис. 4-27. Зависимость коэффициента гармоник микросхемы К148УН1 от частоты входного сигнала.

ное напряжение питания микросхемы плюс 12 В, минус 12 В. Допустимое отклонение питающего напряжения от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К148УН1 приведены в табл. 4-4.

Электрические параметры микросхемы К148УН1 при номинальных напряжениях питания и $R_н=30$ Ом приведены в табл. 4-5.

Таблица 4-5

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	30	−45; +70	$U_{вх}=0$	
K_{yU} ΔK_{yU}, %	100 — 200 ±30	+25 −45; +70	$f=1$ кГц, $U_{вх}=10$ мВ	
$K_г$, %	2,5	+25	$f=1$ кГц	$P_{вых}=1$ Вт, $U_{вых}=5,5$ В
	7,0		$f=0,1$ кГц, $f=10$ кГц	
$R_{вх}$, кОм	10		$U_{вх}=30$ мВ, $f=1$ кГц	
$f_в$, кГц	20		$U_{вх}=10$ мВ	
$f_н$, Гц	30			

Частотные характеристики микросхемы К148УН1 при различных значениях сопротивления нагрузки приведены на рис. 4-26. Зависимости коэффициента гармоник, входного и выходного сопротивлений микросхемы К148УН1 от частоты входного сигнала приведены на рис. 4-27, 4-28,*а*, *б*.

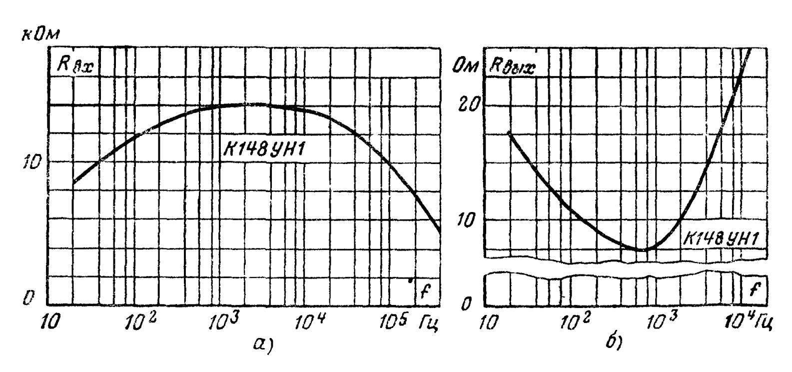


Рис. 4-28. Зависимости входного (*а*) и выходного (*б*) сопротивлений микросхемы К148УН1 от частоты входного сигнала.

МИКРОСХЕМА К148УН2

Микросхема К148УН2 представляет собой усилитель низкой частоты с выходной мощностью 1 Вт на сопротивлении нагрузки 4 Ом (рис. 4-29,*а*). Типовая схема включения микросхемы К148УН2 приведена на рис. 4-29,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 9 В. Допустимое отклонение питающего напряжения от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К148УН2 приведены в табл. 4-6.

Таблица 4-6

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	+10,5
Входное напряжение $U_{вх}$, В	1,0
Выходной ток $I_{н}$, мА	630

Электрические параметры микросхемы К148УН2 при номинальных напряжениях питания и $R_{н}=4$ Ом приведены в табл. 4-7. Допускается питание микросхемы К148УН2 пониженным напряжением до плюс 6,0 В.

На рис. 4-30 приведены амплитудные характеристики микросхемы при различных напряжениях питания. Поведение других параметров микросхемы от напряжения питания иллюстрировано рис. 4-31 — 4-34.

Рис. 4-29. Принципиальная схема микросхемы К148УН2 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*)

Зависимость коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики микросхемы К148УН2 от частоты входного сигнала приведена на рис. 4-35.

Коэффициент усиления микросхемы К148УН2 можно изменять путем увеличения или ослабления глубины отрицательной обратной связи. Осуществляется это изменением сопротивления резистора *R2* (см. рис. 4-29,*б*). Зависимость

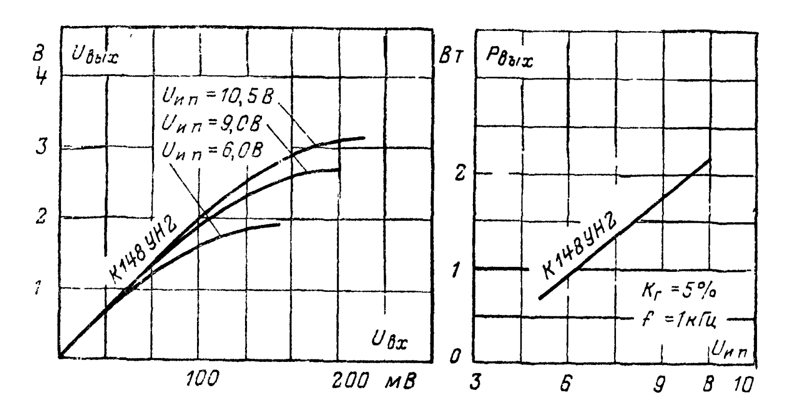


Рис. 4-30. Амплитудные характеристики микросхемы К148УН2.

Рис. 4-31. Зависимость выходной мощности микросхемы К148УН2 от напряжения питания.

Таблица 4-7

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	10 15	+25 −25; +55	$U_{вх}=0$
	20	+25; +55	$U_{и.п}=10,5$ В, $U_{вх}=0$
K_{yU}	10—30 8—30	+25 −25; +55	$U_{вх}=50$ мВ, $f=1,0$ кГц
$K_г$, %	2	+25	$P_{вых}=0,8$ Вт, $U_{вых}=1,8$ В, $f=1,0$ кГц
	10		$P_{вых}=1,0$ Вт, $U_{вых}=2,0$ В, $f=1,0$ кГц
$R_{вх}$, кОм	10		$f=1$ кГц
$f_н$, Гц	100		$U_{вх}=50$ мВ
$f_в$, кГц	20		

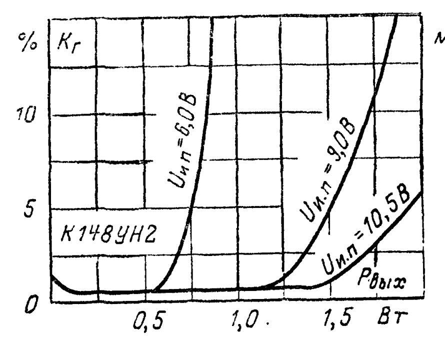


Рис. 4-32. Зависимости коэффициента гармоник от выходной мощности при различных значениях напряжения питания микросхемы К148УН2.

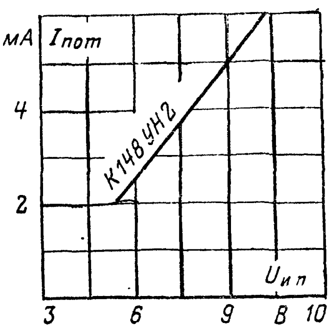


Рис. 4-33. Зависимость тока потребления микросхемы К148УН2 от напряжения питания.

коэффициента усиления микросхемы от величины сопротивления резистора *R2* приведена на рис. 4-36. Коэффициент усиления микросхемы К148УН2 практически не изменяется в интервале рабочих температур 25, 55 °С, имея незначительную тенденцию к снижению в области отрицательных температур.

Зависимость выходной мощности микросхемы К148УН2 от сопротивления нагрузки приведена на рис. 4-37. Коэффициент гармоник микросхемы К148УН2 практически не изменяется в интервале рабочих частот 100 Гц — 20 кГц и температур 25, 55 °С, имея незначительную тенденцию к возрастанию в области отрицательных температур.

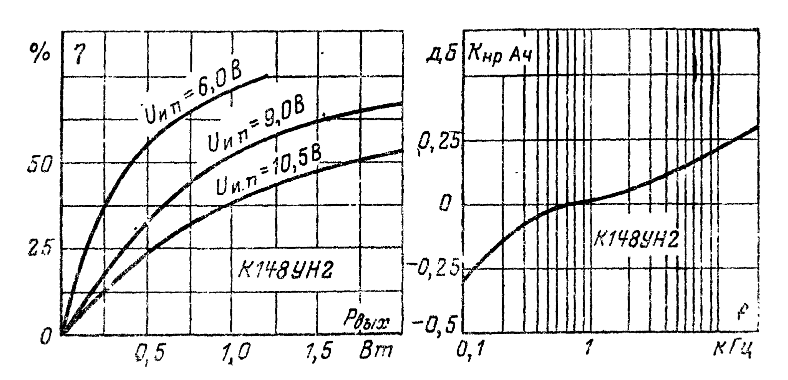


Рис. 4-34. Зависимости к. п. д. микросхемы К148УН2 от выходной мощности при различных значениях напряжения питания.

Рис. 4-35. Зависимость коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики микросхемы К148УН2 от частоты входного сигнала.

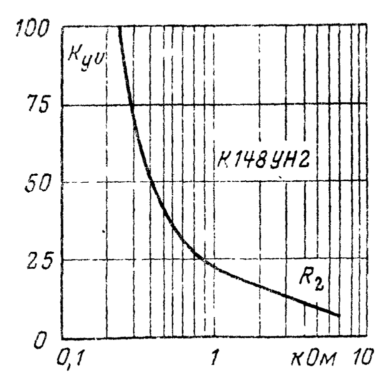


Рис. 4-36. Зависимость коэффициента усиления микросхемы К148УН2 от глубины обратной связи. (*R2* — резистор подключен к выводу *2* микросхемы, рис. 4-29, *б*)

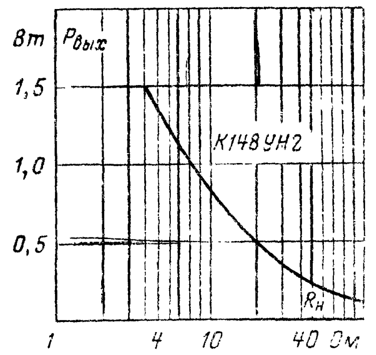


Рис. 4-37. Зависимость выходной мощности микросхемы К148УН2 от сопротивления нагрузки.

МИКРОСХЕМА К157УН1

Микросхема К157УН1 представляет собой усилитель низкой частоты (рис. 4-38,*а*). Типовая схема включения микросхемы К157УН1 приведена на рис. 4-38,б. В зависимости от напряжения питания микросхемы делятся на группы

А и Б. Микросхема К157УН1А имеет номинальное напряжение питания плюс 9 В, микросхема К157УН1Б — плюс 12 В. Допустимые отклонения напряжения источников питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем К157УН1А, К157УН1Б приведены в табл. 4-8.

Электрические параметры микросхем К157УН1А, К157УН1Б приведены в табл. 4-9.

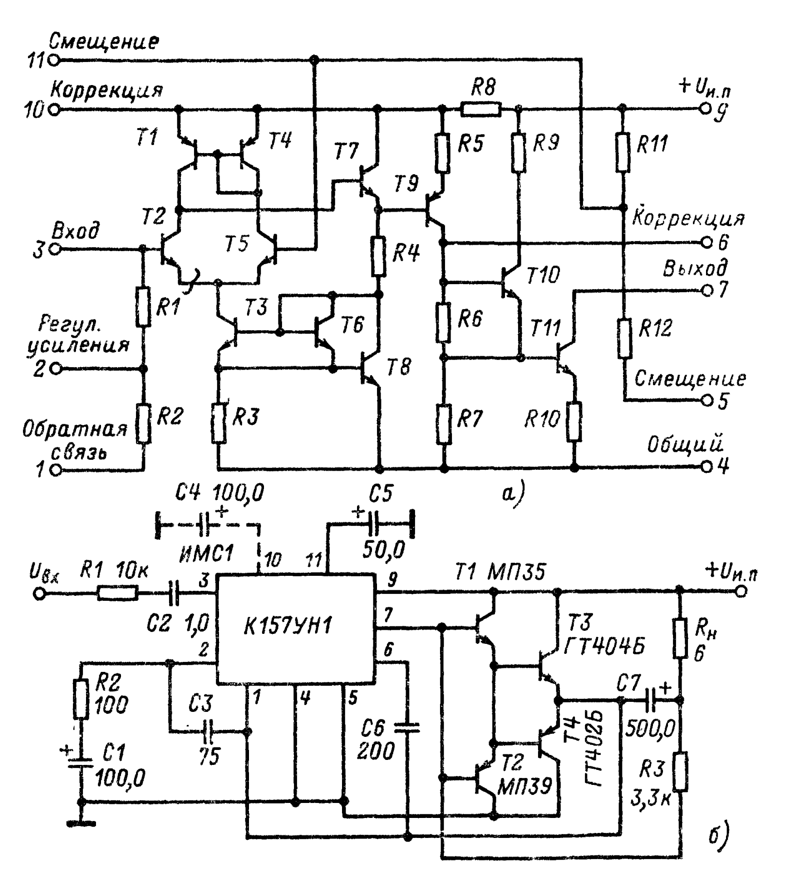


Рис. 4-38. Принципиальная схема микросхемы К157УН1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-8

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры			
	К157УН1А		К157УН1Б	
	не менее	не более	не менее	не более
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	5,6	10,0	9,0	15,0
Напряжение на выводах *7* и *1* микросхемы $U_{7,1}$, В	—	10,0	—	15,0
Ток через вывод *7* микросхемы I_7, мА	—	15,0	—	15,0
Мощность, отдаваемая микросхемой в нагрузку через вывод *7*, $P_{вых 7}$, мВт	—	30,0	—	30,0

Таблица 4-9

Параметр	Нормы на параметры К157УН1		t, °C	Режим измерения	
	А	Б			
$I_{пот}$, мА	5	6	+25÷+70	$U_{вх}=0$, $R_н=\infty$, $U_{и.п}=U_{и.п\ ном}$	
S, мВ	15—31 12—35 15—35		+25 +70 —25	$U_{вых}=1,8$ В, $U_{и.п}=9$ В, $R_н=6,5$ Ом, $f=1$ кГц	
		25—50 20—55	+25 +70	$U_{вых}=3$ В, $U_{и.п}=12$ В, $R_н=6,5$ Ом	
		12—35	—25	$U_{и.п}=9$ В, $U_{вых}=1,8$ В, $R_н=6,5$ Ом	
$K_г$, %	5		+25	$U_{вых}=2,2$ В, $U_{и.п}=9$ В	$f=1$ кГц, $R_н=6,5$ Ом
	0,3			$U_{вых}=1,8$ В, $U_{и.п}=9$ В	
	5			$U_{вых}=1,3$ В, $U_{и.п}=5,6$ В	
	2			$U_{вых}=0,1$ В, $U_{и.п}=5,6$ В	
	8		+70	$U_{вых}=2,2$ В, $U_{и.п}=10$ В	
			—25	$U_{вых}=1,0$ В, $U_{и.п}=5,6$ В	
		1	+25	$U_{вых}=3$ В, $U_{и.п}=12$ В	
		0,3	+70	$U_{вых}=1,8$ В, $U_{и.п}=9$ В	
				$U_{вых}=35$ В, $U_{и.п}=15$ В	
		8	—25	$U_{вых}=1$ В, $U_{и.п}=9$ В	
$K_{нр\ ач}$, дБ	6	6	+25	$U_{и.п}=U_{и.п\ ном}$, $U_{вх}=2$ мВ, $f=50\div15\,000$, $R_н=6,5$ Ом	
Δf, кГц	0,05—15	0,05—15		$K_{нр\ ач}=+6$ дБ, $U_{и.п}=U_{и.п.ном}$, $U_{вх}=2$ мВ, $R_н=6,5$ Ом	
$U_{вых}$, В	1,8	3,0		$U_{и.п}=U_{и.п.ном}$, $R_н=6,5$ Ом	

Входное сопротивление микросхемы в основном определяется значением сопротивления внешнего резистора *R1* (рис. 4-38,*б*). Значительное уменьшение сопротивления резистора *R1* приводит к уменьшению глубины отрицательной обратной связи и к увеличению влияния выходного сопротивления источника сигнала на устойчивость усилителя.

Конденсатор *C3* (рис. 4-38,*б*) улучшает шумовые характеристики усилителя. В усилителях, где не предъявляются требования к шумовым характеристикам, наличие конденсатора *C3* необязательно. Значительное увеличение емкости конденсатора *C3* может привести к возбуждению усилителя.

Коэффициент усиления усилителя в небольших пределах можно регулировать изменением величины сопротивления резистора *R2* (рис. 4-38,*б*) в цепи отрицательной обратной связи. При чрезмерном уменьшении сопротивления резистора *R2* возрастает уровень нелинейных искажений вследствие уменьшения обратной связи. С увеличением сопротивления резистора *R2* уменьшаются усиление и нелинейные искажения вследствие увеличения глубины отрицательной обратной связи. Значительное увеличение сопротивления резистора *R2* вызывает возбуждение усилителя, что присуще усилителям с очень глубокой обратной связью. Частотная характеристика в области низких частот определяется постоянными времени цепочек *R1C2*, *R2C1*, $R_нC7$. Для повышения устойчивости усилителя рекомендуется подключать к выводу *10* микросхемы конденсатор емкостью 100 мкФ (рис. 4-38,*б*).

МИКРОСХЕМА К157ХА1

Микросхема К157ХА1 представляет собой усилитель высокой частоты с преобразователем (рис. 4-39,*а*). Типовая схема включения микросхемы К157ХА1 приведена на рис. 4-39,*б*. В зависимости от верхней граничной частоты полосы пропускания микросхемы делятся на группы А и Б. Микросхема К157ХА1А имеет верхнюю граничную частоту полосы пропускания не менее 15 МГц, микросхема К157ХА1Б не менее 25 МГц. Номинальное напряжение питания микросхем К157ХА1А, К157ХА1Б плюс 5 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К157ХА1 приведены в табл. 4-10.

Таблица 4-10

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	3,6	6,0
Ток в цепи вывода *14* микросхемы при подключенной внешней нагрузке I_{14}, мА	—	10,0

Электрические параметры микросхем К157ХА1А, К157ХА1Б приведены в табл. 4-11.

Отношение $U_с/U_ш$ не должно превышать 10. При $U_с/U_ш=10$ коэффициент шума определяется по формуле

$$K_ш = 20 \lg (0{,}01\, U_{вх}).$$

При разработке блока усилителя высокой частоты и преобразователя с использованием микросхемы К157ХА1 необходимо учитывать следующее.

Усилитель высокой частоты может быть выполнен как с резонансной, так и с нерезонансной нагрузкой. В последнем случае, если требуется получить оптимальные шумовые характеристики схемы, рекомендуемое значение внутреннего сопротивления источника сигнала должно находиться в пределах 500 Ом — 1 кОм.

Гетеродин для упрощения коммутации в многодиапазонных устройствах выполнен по схеме с отрицательным сопротивлением (рис. 4-39,*б*) и стабилизацией амплитуды колебаний. Эквивалентное сопротивление гетеродинного контура *L3C9*, приведенное к выводам *5* и *8* микросхемы, рекомендуется выбирать в пределах 4—10 кОм. При уменьшении эквивалентного сопротивления ухудшаются условия возбуждения, а при увеличении — понижается стабильность частоты. Для стабилизации напряжения гетеродина с изменением частоты генерации расстояние между конденсаторами *C5*, *C6* и выводами *6*, *8* должно

быть минимальным. Чтобы напряжение гетеродина не влияло на выход смесителя (выводы *10*, *12* микросхемы), выполненного по балансной схеме, и соответственно на вход усилителя промежуточной частоты, необходимо обе половины первичной обмотки трансформатора смесителя *L2* изготовить симметричными по отношению к среднему отводу. Это достигается одновременной намоткой половин первичной обмотки в два провода.

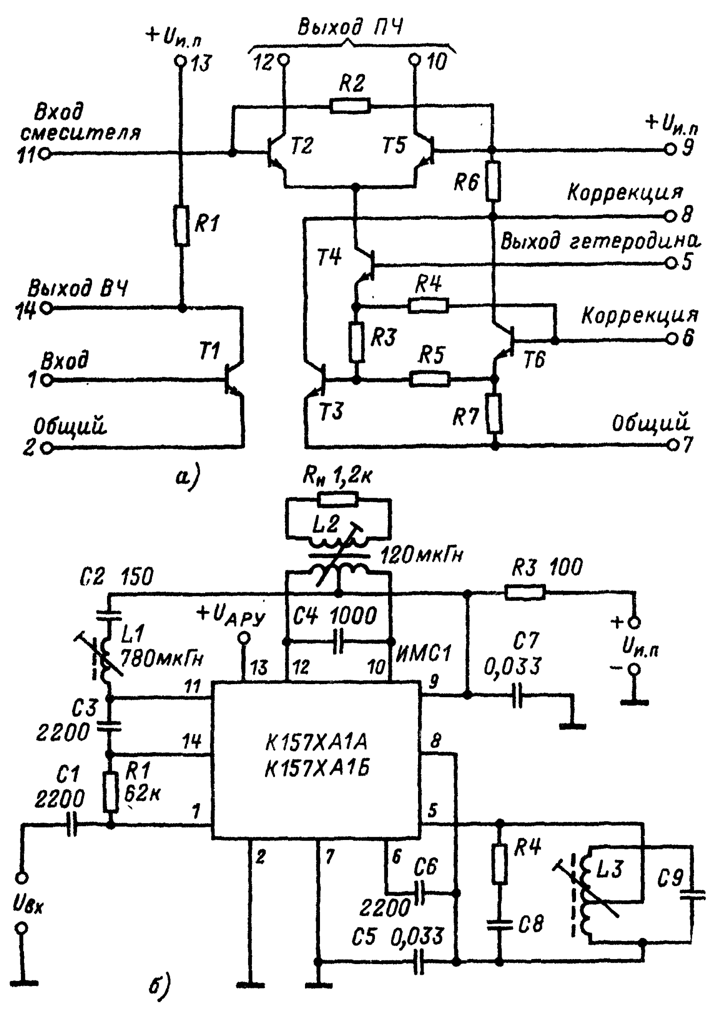


Рис. 4-39. Принципиальная схема микросхемы К157ХА1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

(Цепь *R4*, *C8* устанавливается при появлении паразитных колебаний и выбирается из условия $R_{5-8} \leqslant 1{,}5$ кОм, где R_{5-8} — сопротивление паразитного контура на его собственной частоте.)

В правильно спроектированном устройстве напряжение гетеродина на выводах *10* и *12* относительно корпуса не должно превышать 100—200 мВ во всем частотном диапазоне гетеродина.

Эквивалентное сопротивление контура смесителя (между выводами *10*, *12* микросхемы) с учетом подключаемой нагрузки (обычно фильтра с входным сопротивлением 1,2 кОм) желательно выбирать около 10 кОм. Параметры ре-

Таблица 4-11

Параметр	Нормы на параметры К157ХА1		t, °С	Режим измерения	
	А	Б			
$I_{пот}$, мА	4	4	+70	$U_{п.п}=6$ В	$U_{вх}=0$
	3,3	3,3	+25	$U_{п.п}=5$ В	
	3,1	3,1	−25	$U_{п.п}=3{,}6$ В	
K_{yU}	150 — 350		+25	$U_{п.п}=5$ В	$f=0{,}15$ МГц,
	100 — 400		+70	$U_{п.п}=6$ В	$U_{вх}=0{,}2$ мВ,
			−25	$U_{п.п}=3{,}6$ В	$f_m=1$ кГц, $m=0{,}3$
$f_в$, МГц	15	25	+25	$U_{п.п}=5$ В По уровню −5 дБ	
$K^*_ш$, дБ	6	6	+25	$U_{п.п}=5$ В	

* Коэффициент шума $K_ш$, дБ, определяется по формуле

$$K_ш=20\lg\frac{8m\,K_д\,U_{вх}}{\sqrt{\Delta f\,R4}}\,\frac{U_ш}{U_с},$$

где $m=0{,}3$ — глубина модуляции входного сигнала; $K_д=0{,}1$ — коэффициент передачи делителя на входе микросхемы; $U_{вх}$, мкВ — напряжение входного сигнала, мкВ; $\Delta f=10{,}5\pm$ $\pm0{,}5$ кГц — полоса пропускания тракта УПЧ и контура смесителя; $R4=0{,}576$ кОм — сопротивление шумового резистора (между выводами *1* и *14* микросхемы); $U_с$ — максимальный выходной сигнал на выходе УПЧ в пределах полосы пропускания при параметрах сигнала входа в соответствии с табл. 4-11; $U_ш$ — напряжение шума на выходе УПЧ при отключенной модуляции несущей частоты.

жекторного контура *L1C2* следует выбирать таким образом, чтобы он обеспечивал эффективное подавление частоты 465 кГц, т. е. его сопротивление на этой частоте должно быть значительно меньше сопротивления нагрузки УВЧ, равного приблизительно 240 Ом. В то же время на частотах, наиболее близких к промежуточной, в диапазонах длинных волн (408 кГц) и средних волн (525 кГц) контур не должен заметно шунтировать нагрузку УВЧ.

МИКРОСХЕМА К157ХА2

Микросхема К157ХА2 представляет собой усилитель промежуточной частоты с АРУ (рис. 4-40,*а*). Типовая схема включения микросхемы К157ХА2 приведена на рис. 4-40,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К157ХА2 приведены в табл. 4-12, Электрические параметры микросхемы К157ХА2 приведены в табл. 4-13.

Для обеспечения устойчивой работы и улучшения характеристик узла УПЧ на микросхеме в его состав рекомендуется включать одиночный колебательный контур или полосовй фильтр. Одиночный контур включается между выводами

14, *3* и *5* микросхемы в соответствии с рис. 4-40,*в*. Волновое сопротивление части контура, подключаемой к выводам *3*, *14*, приведенное к этим выводам, выбирается из условий получения требуемой полосы пропускания с учетом шунтирования контура сопротивлением микросхемы (между выводами *3*, *14*).

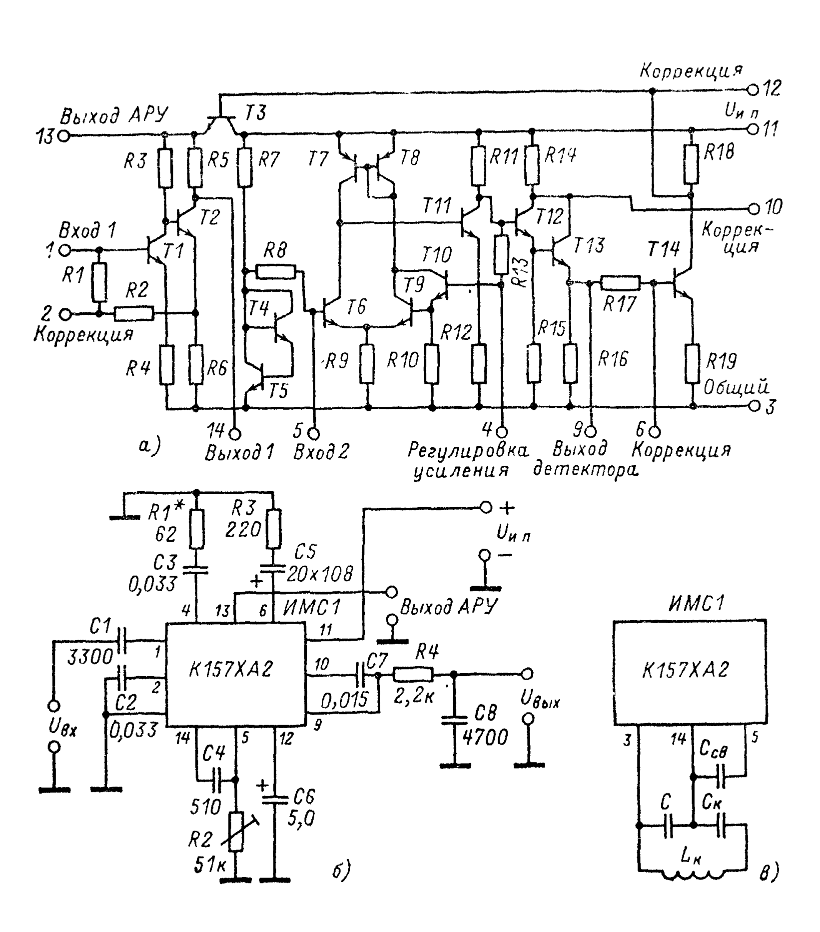


Рис. 4-40. Принципиальная схема микросхемы К157ХА2 (*а*), типовая схема ее включения (*б*) и схема включения одиночного контура к микросхеме К157ХА2 (*в*).

Таблица 4-12

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	3,6	6,0
Напряжение между выводами *10* и *11* микросхемы $U_{10,\,11}$, В	—	1,75
Ток в цепи вывода *13* микросхемы при подключенной внешней нагрузке I_{13}, мА	—	1,5

Таблица 4-13

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	4,0	+25	$U_{и.п}=5$ В, $U_{вх}=0$, $R_н=\infty$
	5,5	+70	$U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=0$, $R_н=\infty$
S, мкВ	9—30	+25	$U_{и.п}=6,0$ В, $U_{вых}=30$ мВ, $m=30\%$
	11—42	+25	$U_{и.п}=3,6$ В, $U_{вых}=30$ мВ, $m=30\%$
$U_{АРУ}$, В	3—4,5	+25	$U_{и.п}=5$ В, $R_н=3,9$ кОм, $U_{вх}=0$
$\Delta U^{+}_{АРУ\ отн}$	120	+25	$U_{и.п}=5$ В, $U_{вх}=0,5\div30$ мВ, $R_н=\infty$, $m=30\%$
	120	+70	$U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=5\div300$ мВ, $R_н=\infty$, $m=30\%$
	150	—25	$U_{и.п}=5$ В, $U_{вх}=0,5\div30$ мВ, $R_н=\infty$, $m=30\%$
$K_г$, %	5	+25	$U_{и.п}=5$ В, $U_{вх}=3$ мВ, $R_н=\infty$, $m=30\%$
$R_{вх}$, кОм	0,43—1	+25	$U_{и.п}=5$ В, $R_н=\infty$, $U_{вых}=20\div40$ мВ, $m=30\%$

Примечание. Частота входного сигнала при измерениях параметров 465 кГц, частота модуляции 1000 Гц.

\+ Определяется по формуле

$$\Delta U_{АРУ\ отн} = 60\ \frac{U'_{вых}}{U''_{вых}},$$

где $U'_{вых}$ — наибольшее значение выходного напряжения; $U''_{вых}$ — наименьшее значение выходного напряжения; $U'_{вых}$, $U''_{вых}$ соответствуют двум крайним значениям входного напряжения, указанным в таблице.

МИКРОСХЕМА К167УН3

Микросхема К167УН3 представляет собой предварительный усилитель низкой частоты (рис. 4-41,*а*). Типовая схема включения микросхемы К167УН3 приведена на рис. 4-41,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы минус

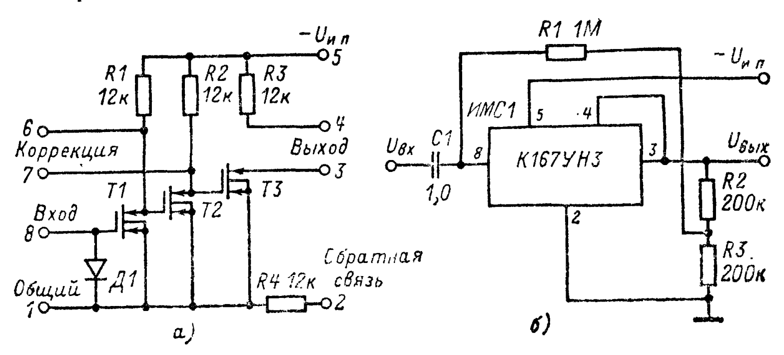


Рис. 4-41. Принципиальная схема микросхемы К167УН3 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-14

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	—24
Положительное напряжение, подаваемое на выводы микросхемы относительно вывода *1*, В	0,2
Отрицательное напряжение на выводе *8* относительно вывода *1*, В	—10

Таблица 4-15

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	6	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В, $U_{вх}$=0
	7	—45	$U_{и.п}$=—13,2 В, $U_{вх}$=0
K_{yU}	100 — 150	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В, $U_{вх}$=10 мВ, f=1 кГц
	80 — 200	+25; +85	$U_{и.п}$=—13,2 В, $U_{вх}$=10 мВ, f=1 кГц
ΔK_{yU}, %	±15	—45; +85	$U_{и.п}$=—(10,8—13,2) В, $U_{вх}$=10 мВ, f=1 кГц
$K_{г}$, %	1	+25	$U_{и.п}$=12,0 В, $U_{вых}$=1 В, f=1 кГц
	2	+85	$U_{и.п}$=—10,8 В, $U_{вых}$=1 В, f=1 кГц
$E^*_{ш}$, нВ/Гц	10	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В, f=1 кГц, $R_{г}$=0
	30—50	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В, f=1 кГц, $R_{г}$=100 кОм
$U_{вых\ п}$, В	—4÷7	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В
$f_{в}$, кГц	100	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В
	70	+85	$U_{и.п}$=—10,8 В
$R_{вых}$, кОм	1,6 — 2,5	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В, f=1 кГц
	1,5 — 3,0	+85	
$C_{вх}$, пФ	300	+25	$U_{и.п}$=—12,0 В
	350	+85	$U_{и.п}$=—10,8 В

* Спектральная плотность напряжения шума определяется по формуле

$$E_{ш} = \frac{U_{ш}}{K_{y\,U}\sqrt{\Delta f_{ш}}},$$

где $K_{y\,U}$ — коэффициент усиления тракта резистивные делители — измеряемый усилитель — избирательный усилитель, измеренный на частоте 2 кГц с превышением сигнала уровня шумов на выходе избирательного усилителя в 5—10 раз; $U_{ш}$ — уровень шума на выходе избирательного усилителя, измеренный квадратичным вольтметром в отсутствие входного сигнала; $\Delta f_{ш}$ — эффективная шумовая полоса избирательного усилителя.

12 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К167УН3 приведены в табл. 4-14.

Электрические параметры микросхемы К167УН3 приведены в табл. 4-15.

МИКРОСХЕМА К174УН3

Микросхема К174УН3 представляет собой предварительный усилитель низкой частоты (рис. 4-42,*а*). Типовая схема включения микросхемы К174УН3 приведена на рис. 4-42,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс

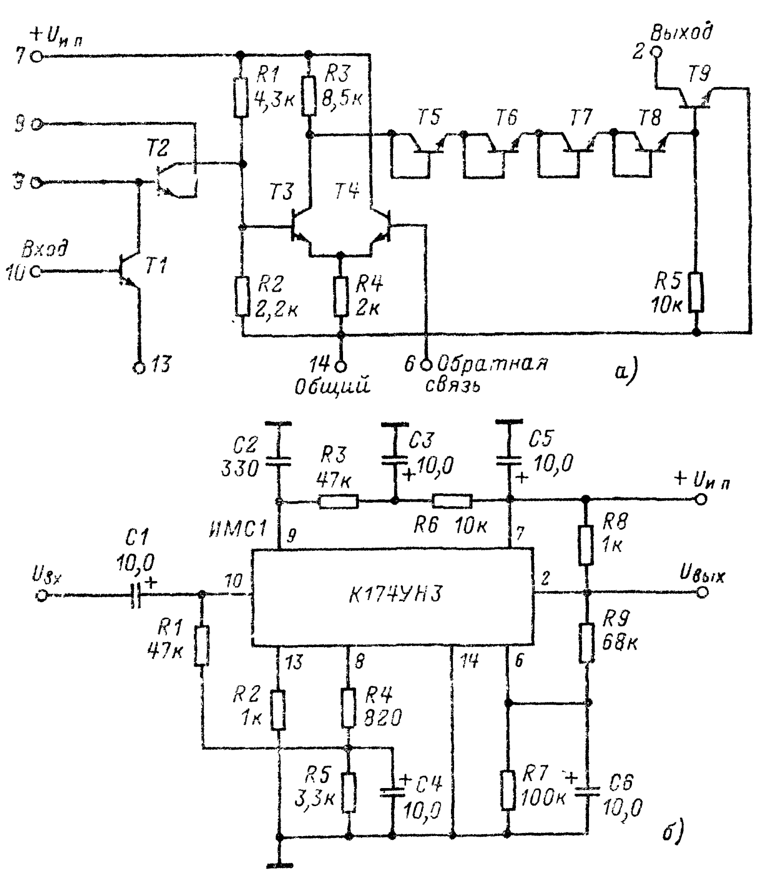


Рис. 4-42. Принципиальная схема микросхемы К174УН3 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-16

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	+7
Минимальное сопротивление нагрузки $R_н$, кОм	10

6 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УН3 приведены в табл. 4-16.

Электрические параметры микросхемы К174УН3 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-17.

Таблица 4-17

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	6,0	+25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	1400 400	25 −25; +55	$U_{вх}=0,1$ мВ, $f=1$ кГц
$K_{г}$, %	1,2	+25	$U_{вых}=0,5$ В, $f=1$ кГц
$U_{ш}$, мкВ	2	+25	
$R_{вх}$, кОм	10	25	$f=1$ кГц

МИКРОСХЕМА К174УН5

Микросхема К174УН5 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 2 Вт на нагрузке 4 Ом (рис. 4-43,*а*). Типовая схема включения микросхемы К174УН5 приведена на рис. 4-43,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 12 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Электрические параметру микросхемы К174УН5 при номинальном напряжении питания и $R_{н}=4$ Ом приведены в табл. 4-18.

Таблица 4-18

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	30 35	+25 +55; −25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	80 — 120	+25	$U_{вх}=10$ мВ
ΔK_{yU}, %	±20	+55; −25	$f=1$ кГц
$K_{г}$, %	1,0	+25	$P_{вых}=2$ Вт, $f=1$ кГц
$R_{вх}$, кОм	10	+25	$U_{вх}=1$ В, $f=1$ кГц
$f_{н}$, Гц	30	+25	$U_{вх}=10$ мВ
$f_{в}$, кГц	20	+25	
$P_{вых}$, Вт	2,0	+25	$K_{г}=1,0\%$, $f=1$ кГц

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УН5 приведены в табл. 4-19.

Таблица 4-19

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	13,2
Входное напряжение $U_{вх}$, В	1,5
Входное синфазное напряжение $U_{сф.вх}$, В	5,5
Амплитудное значение тока в нагрузке (разового действия) $I_н$, А	1,45
Сопротивление нагрузки $R_н$, Ом	3,2

Применение микросхемы К174УН5 без дополнительного теплоотвода не допускается. Тепловое сопротивление от перехода к окружающей среде $R_{пер\text{-}окр}=1000$ град/Вт, тепловое сопротивление от перехода к корпусу $R_{пер\text{-}кор}=20$ град/Вт.

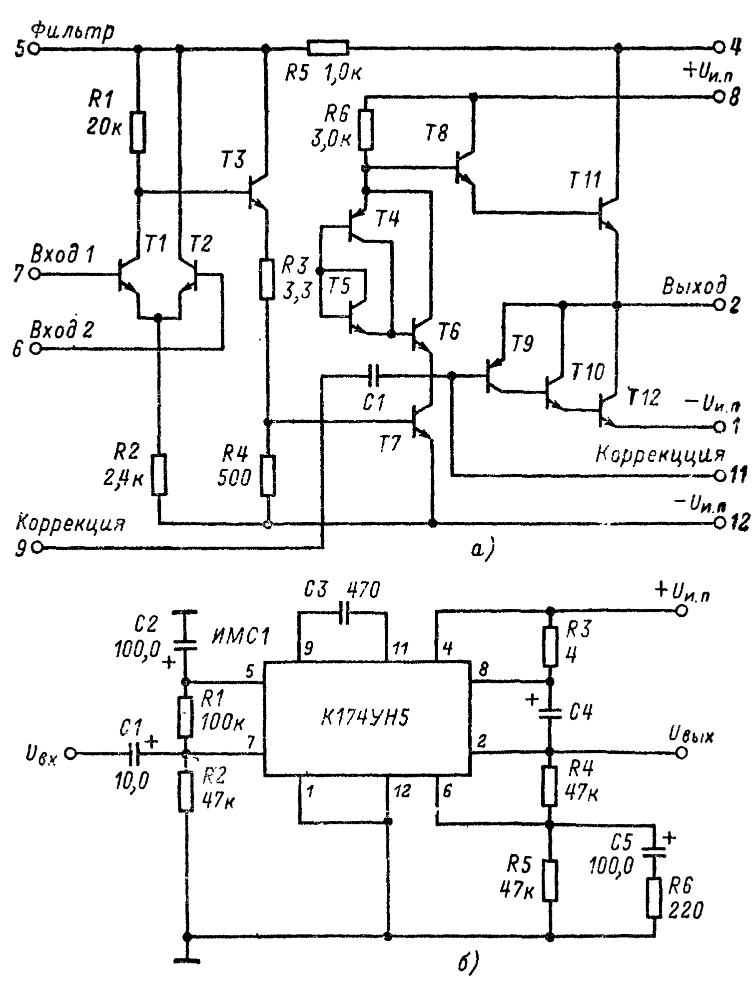
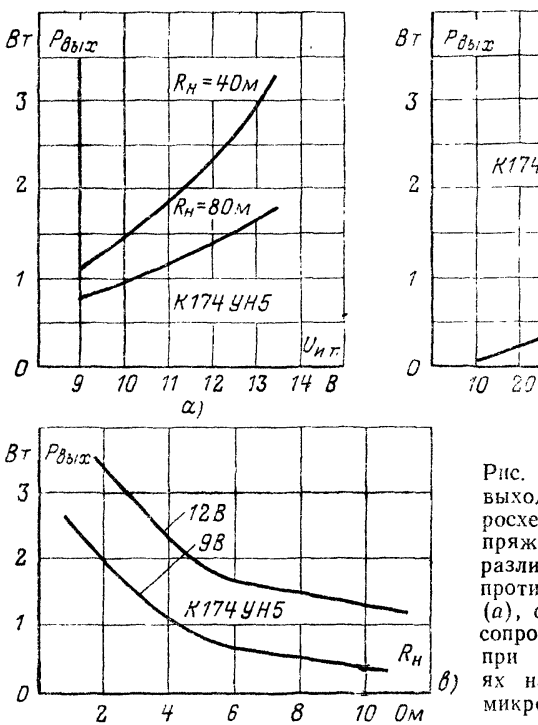


Рис. 4-43. Принципиальная схема микросхемы К174УН5 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).



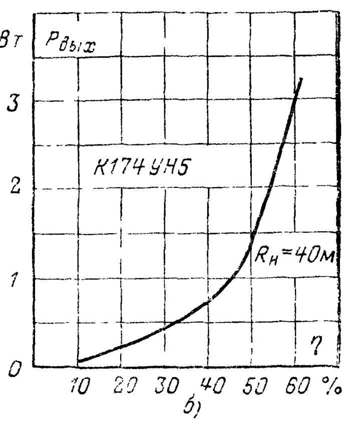
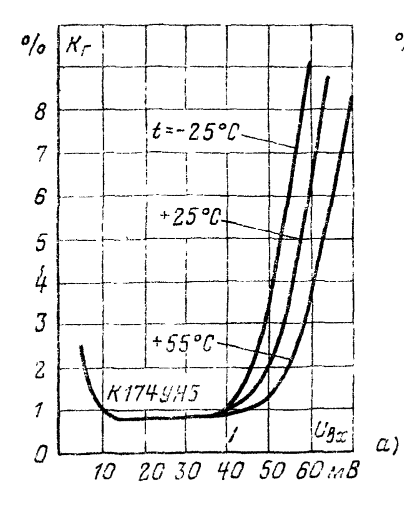


Рис. 4-44. Зависимости выходной мощности микросхемы К174УН5 от напряжения питания при различных значениях сопротивления нагрузки (*а*), от к. п. д. (*б*) и от сопротивления нагрузки при различных значениях напряжения питания микросхемы (*в*).



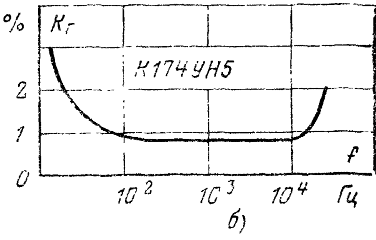


Рис. 4-45. Зависимости коэффициента гармоник микросхемы К174УН5 от входного напряжения при различных значениях температуры окружающей среды (*а*) и от частоты входного сигнала (*б*).

Максимально допустимая температура p-n перехода 125 °С.

Допускается питание микросхемы К174УН5 пониженным напряжением до плюс 9 В, при этом выходная мощность усилителя снижается в соответствии с графиком рис. 4-44,*а*. Зависимости основных параметров микросхемы К174УН5 от режимов применения приведены на рис. 4-44,*б*, *в* — 4-46.

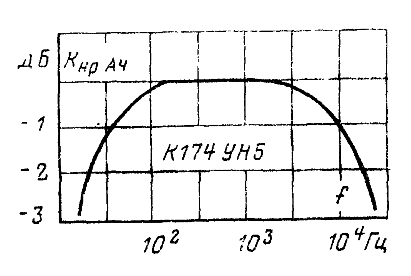


Рис. 4-46. Зависимость коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики микросхемы К174УН5 от частоты входного сигнала.

МИКРОСХЕМА К174УН7

Микросхема К174УН7 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 4,5 Вт при нагрузке 4 Ом (рис. 4-47,*а*). Типовая схема включения микросхемы К174УН7 приведена на рис. 4-47,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 15 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УН7 приведены в табл. 4-20.

Таблица 4-20

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и\,п}$, В	18*
Входное напряжение $U_{вх}$, В	2
Амплитудное значение тока в нагрузке $I_н$, А	1,8
Температура корпуса микросхемы при температуре внешней среды 60 °С $T_к$, °С	+85

* Время действия не более 3 мин.

Электрические параметры микросхемы К174УН7 при номинальном напряжении питания и $R_н=4$ Ом приведены в табл. 4-21. Не допускается применение микросхемы без дополнительного теплоотвода при мощности в нагрузке более 0,27 Вт. Тепловое сопротивление от перехода к окружающей среде $R_{пер-окр}=100$ град/Вт, тепловое сопротивление от перехода к корпусу $R_{пер-кор}=20$ град/Вт.

Микросхема работает устойчиво от источника сигнала с внутренним сопротивлением не более 15 кОм. При возникновении паразитной генерации рекомендуется производить подбор емкостей *С4*, *С5* (рис. 4-47,*б*). Допускается эксплуатация микросхемы К174УН7 при напряжении питания менее 15 В. При понижении напряжения питания соответственно снижается выходная мощность. При использовании микросхемы с сопротивлением нагрузки более 4 Ом также уменьшается выходная мощность.

Зависимость коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики микросхемы от частоты входного сигнала приведена на рис. 4-48. Зависимости коэффициента гармоник микросхемы от выходной мощности и от частоты входного сигнала приведены на рис. 4-49,*а* и *б* соответственно.

Рис. 4-47. Принципиальная схема микросхемы К174УН7 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

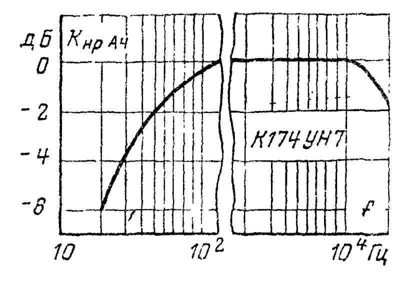


Рис. 4-48. Зависимость коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики микросхемы К174УН7 от частоты входного сигнала.

Таблица 4-21

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	5—20	+25	$U_{вх}=0$
$K_г$, %	2		$U_{вых}=0{,}45$ В, $P_{вых}=0{,}05$ Вт, $U_{вых}=3{,}16$ В, $P_{вых}=2{,}5$ Вт
	10 12	+25; +55 +60	$U_{вых}=4{,}25$ В, $P_{вых}=4{,}5$ Вт, $f=1$ кГц
S, мВ	70	+25	$U_{вых}=3{,}16$ В, $P_{вых}=2{,}5$ Вт, $f=1$ кГц
$U_{вых\ 0}$, В	2,6—5,5	−10÷+60	
$f_н$, Гц	40	+25	
$f_в$, кГц	20		
$R_{вх}$, кОм	50		$f=1$ кГц
η, %	50		$P_{вых}=4{,}5$ Вт, $f=1$ кГц

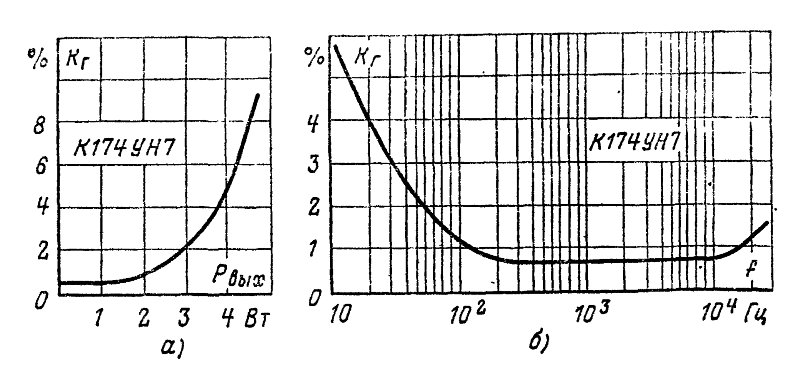


Рис. 4-49. Зависимость коэффициента гармоник микросхемы К174УН7 от выходной мощности (*а*) и от частоты входного сигнала (*б*).

МИКРОСХЕМА К174УН8

Микросхема К174УН8 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 2 Вт при нагрузке 4 Ом (рис. 4-50,*а*). Типовая схема включения микросхемы К174УН8 приведена на рис. 4-50,*б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 12 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УН8 приведены в табл. 4-22.

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	13,2
Амплитудное значение тока нагрузки $I_н$, А	1,09
Температура кристалла $T_к$, °С	+125

Электрические параметры микросхемы К174УН8 при номинальном напряжении питания и $R_н$=4 Ом приведены в табл. 4-23.

Применение микросхемы допускается только с теплоотводом. Тепловое сопротивление от перехода к окружающей среде $R_{пер-окр}$=135 град/Вт, тепловое сопротивление от перехода к корпусу $R_{пер-кор}$=60 град/Вт. Допускается включение нагрузки микросхемы относительно общего вывода в соответствии с рис. 4-50,*в*.

Регулировку коэффициента усиления микросхемы на низких частотах можно осуществлять изменением емкости конденсаторов *С2*, *С5*, а во всей полосе пропускания изменением глубины отрицательной обратной связи регулировкой сопротивления резистора *R1* и емкости конденсатора *С2* (рис. 4-50, *б*, *в*).

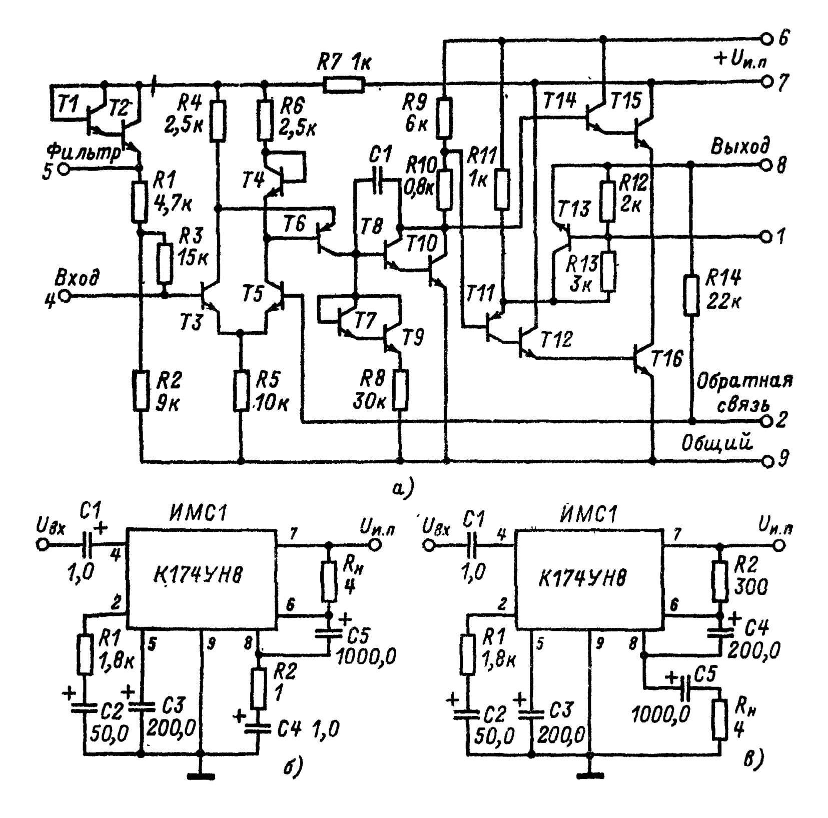


Рис. 4-50. Принципиальная схема микросхемы К174УН8 (*а*), типовая схема ее включения (*б*) и схема включения микросхемы К174УН8 с заземленной нагрузкой (*в*).

Таблица 4-23

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	15	+25	$U_{вх}=0$
	−20	−25; +55	
K_{yU}	4—40	+25	$f=1$ кГц
ΔK_{yU}, %	±20	−25; +55	$U_{и.п}=12\div13{,}2$ В
$K_г$, %	2	+25	$U_{вых}=2{,}83$ В, $P_{вых}=2$ Вт, $f=1$ кГц
	10	+25	$U_{вых}=3{,}1$ В, $P_{вых}=2{,}4$ Вт, $f=1$ кГц
$f_н$, Гц	30	+25	
$f_в$, кГц	20	+25	
$R_{вх}$, кОм	10	+25	$f=1$ кГц
$P_{вых.макс}$, Вт	2,5	+25	$K_г=10\%$, $f=1$ кГц
η, %	50	+25	$P_{вых}=2$ Вт, $f=1$ кГц

МИКРОСХЕМА К174УН9

Микросхема К174УН9 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 5 Вт при нагрузке 4 Ом. Микросхема имеет защиту выхода от коротких замыканий и перегрузок (рис. 4-51, *а*). Типовая схема включения микросхемы К174УН9 приведена на рис. 4-51, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 18 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимое напряжение питания микросхемы при отсутствии входного сигнала плюс 22 В.

В зависимости от коэффициента гармоник и полосы пропускания микросхемы К174УН9 делятся на группы А и Б.

Электрические параметры микросхем К174УН9А, К174УН9Б при номинальном напряжении питания и $R_н=4$ Ом приведены в табл. 4-24.

Не допускается применение микросхемы без дополнительного теплоотвода.

При температуре корпуса микросхемы выше 55°С максимальная рассеиваемая мощность $P_{макс}$ рассчитывается по формуле

$$P_{макс}=\frac{\theta_{кр.макс}-\theta_{кор}}{R_{кр\text{-}кор}}=\frac{150-\theta_{кор}}{12},$$

где $\theta_{кор}$ — температура корпуса микросхемы, измеренная на теплоотводе микросхемы у основания корпуса; $\theta_{кр.макс}=150$°С — максимальная температура кристалла (величина условная), при которой гарантируется надежная работа микросхемы; $R_{кр\text{-}кор}=12$ град/Вт — тепловое сопротивление от кристалла к корпусу.

Допускается эксплуатация микросхемы К174УН9 при напряжении питания менее 18 В. При понижении напряжения питания соответственно снижаются

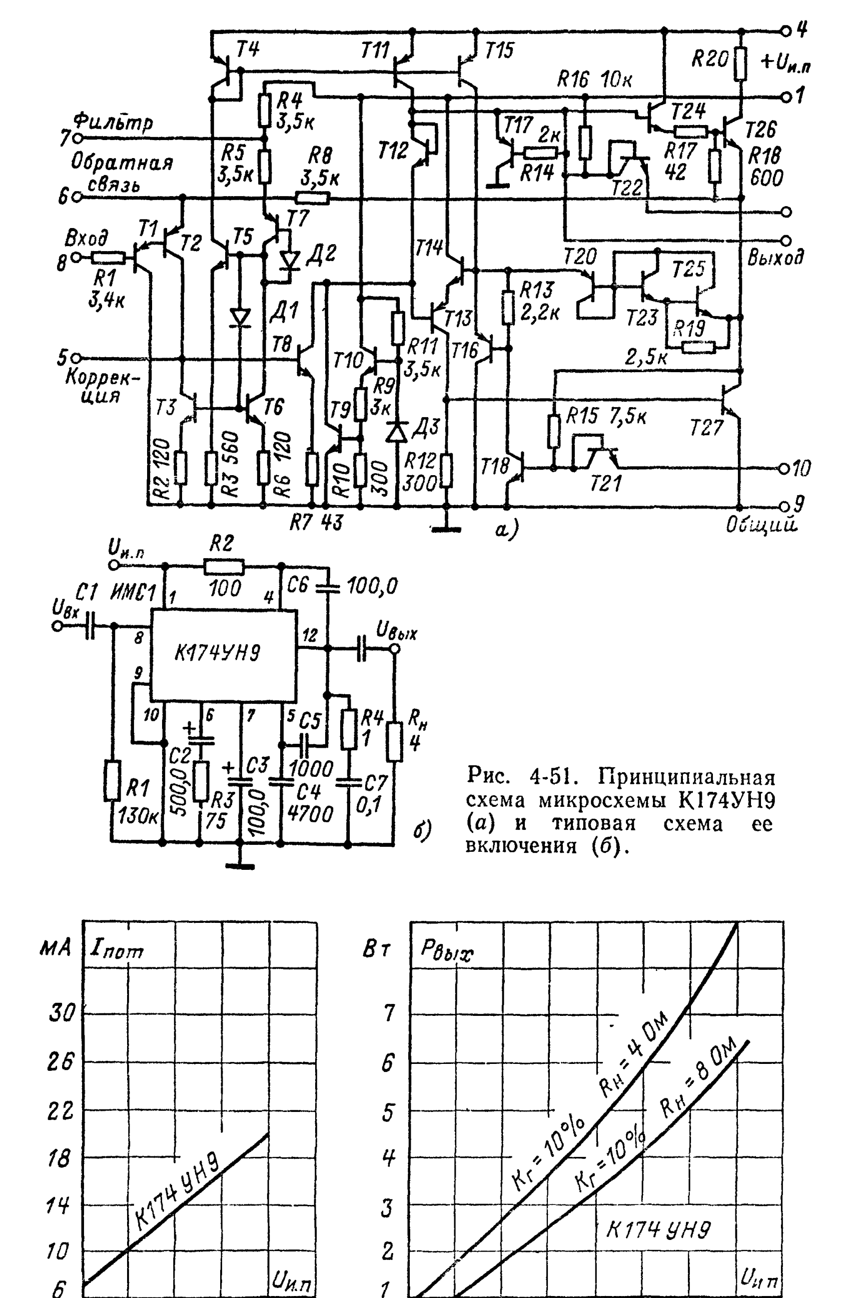


Рис. 4-51. Принципиальная схема микросхемы К174УН9 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Рис. 4-52. Зависимость тока потребления микросхемы К174УН9 от напряжения питания.

Рис. 4-53. Зависимости выходной мощности микросхемы К174УН9 от напряжения питания при различных значениях сопротивления нагрузки.

Таблица 4-24

Параметр	Нормы на параметры К174УН9 А	Нормы на параметры К174УН9 Б	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	30	30	+25	$U_{вх}=0$
$K_г$, %	1,0	2,0	+25	$U_{вых}=0{,}45 \div 4{,}5$ В, $P_{вых}=0{,}05 \div 5{,}0$ Вт, $f=1$ кГц
	10	10	+25	$P_{вых}=7{,}0$ Вт, $f=1$ кГц
S, мВ	50—120	50—120	+25	$U_{вых}=4{,}5$ В, $f=1$ кГц
$U_ш$, мВ	1,5*	1,5*	+25	$R_г=50$ кОм
$P_{вых}$, Вт	5	5	+25	$K_г=1\%$ для группы А, $K_г=2\%$ для группы Б
	7	7	+25	$K_г=10\%$
$f_н$, Гц	40	40	+25	
$f_в$, кГц	20	16	+25	
$R_{вх}$, кОм	100	100	+25	$f=1$ кГц

* Напряжение шумов на выходе микросхемы (не приведенное к входу).

ток, потребляемый микросхемой, и выходная мощность (рис. 4-52 и 4-53). Минимальное напряжение питания плюс 5,4 В.

Микросхема К148УН9 может работать на сопротивлении нагрузки более 4 Ом, при этом уменьшается выходная мощность микросхемы (рис. 4-53). Од-

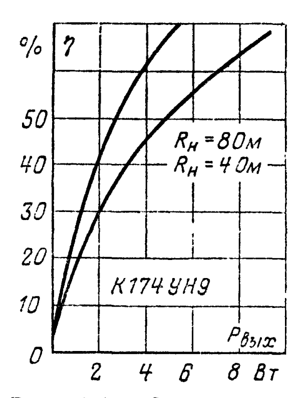


Рис. 4-54. Зависимости к. п. д. микросхемы К174УН9 от выходной мощности при различных значениях сопротивления нагрузки.

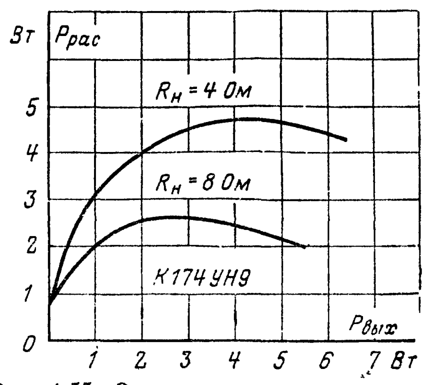


Рис. 4-55. Зависимости мощности, рассеиваемой микросхемой К174УН9, от выходной мощности при различных значениях сопротивления нагрузки.

нако к.п.д. микросхемы при более высокоомной нагрузке увеличивается (рис. 4-54), а мощность, рассеиваемая микросхемой, уменьшается (рис. 4-55). Зависимость коэффициента гармоник микросхемы К174УН9 от выходной мощности приведена на рис. 4-56.

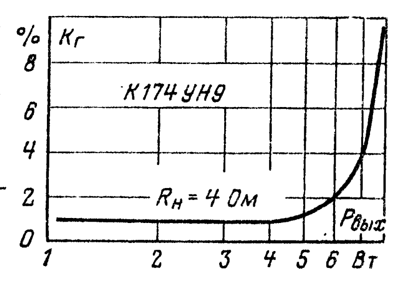


Рис. 4-56. Зависимость коэффициента гармоник микросхемы К174УН9 от выходной мощности.

МИКРОСХЕМА К174УР1

Микросхема К174УР1 представляет собой усилитель—ограничитель напряжения промежуточной частоты, частотный детектор и электронный регулятор напряжения низкой частоты звукового канала телевизионного приемника. Функциональная схема микросхемы К174УР1 приведена на рис. 4-57, *а*. Типовая схема включения микросхемы К174УР1 приведена на рис. 4-57, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 12 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УР1 приведены в табл. 4-25.

Рис. 4-57. Функциональная схема микросхемы К174УР1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Электрические параметры микросхемы К177УР1 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-26.

Типовая схема включения микросхемы К174УР1 (рис. 4-57, *б*) работает устойчиво при эквивалентном сопротивлении входного контура 1 кОм.

Таблица 4-25

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	15*
Амплитудное значение входного сигнала $U_{вх}$, мВ	300
Постоянное управляющее напряжение по выводу *5* U_5, В, не более	4
Запирающий ток по выводу *13* или *2* I_{13}, I_2, мкА, не более	300
Сопротивление внешних элементов между выводами *13, 14* R_{13-14}, кОм, не более	1

* Время действия не более 3 мин. Подача внешнего постоянного напряжения на выводы *6, 7, 10* недопустима.

Амплитудная характеристика микросхемы представлена на рис. 4-58. Зависимость выходного напряжения микросхемы от напряжения питания на рис. 4-59. При пониженном напряжении питания такие параметры, как крутизна преобразования частотного детектора $S_{прб\ ЧД}$, коэффициент подавления амплитудной модуляции $K_{под\ АМ}$, диапазон электронной регулировки передачи $Д_{эрп}$,

Таблица 4-26

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	11—22 11—24 6—28	+25 +60 —10	$U_{вх}=0$, $U_{и.п}=12$ В±10%
$S^*_{прб\ ЧД}$, мВ/кГц	5 6	+60 +25	$U_{вх}=1$ мВ, $f_{вх}=6{,}5$ МГц,
$K^{**}_{под\ АМ}$, дБ	46	+25 +60	$\Delta f=50$ кГц, $f_m=1$ кГц
$Д^{***}_{эрп}$, дБ	56 60	+60 +25	
$K_г$, %	2	25	

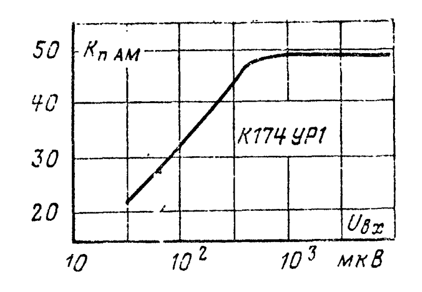
* Крутизна преобразования частотного детектора $S_{прб\ ЧД}$ — отношение выходного напряжения НЧ к девиации частоты входного сигнала, вызвавшей это напряжение.

** Коэффициент подавления амплитудной модуляции $K_{под\ АМ}$ — отношение выходного напряжения частотного детектора при ЧМ сигнале на входе к выходному напряжению при АМ сигнале на входе при одной и той же несущей частоте при заданной девиации частоты и глубине модуляции ($m=30\%$), выраженное в децибелах.

*** Диапазон электронной регулировки передачи $Д_{эрп}$ определяется по формуле

$$Д_{эрп}=20\lg\frac{U'_{вых}}{U''_{вых}},$$

где $U'_{вых}$ — напряжение на выходе, когда вывод *5* микросхемы подключен к корпусу; $U''_{вых}$ — напряжение на выходе, когда вывод *5* микросхемы подключен к земле через резистор сопротивлением 5,1 кОм.



коэффициент гармоник $К_г$, также ухудшают свои значения. Зависимость коэффициента подавления амплитудной модуляции от входного напряжения приведена на рис. 4-60.

Рис. 4-58. Амплитудная характеристика микросхемы К174УР1.

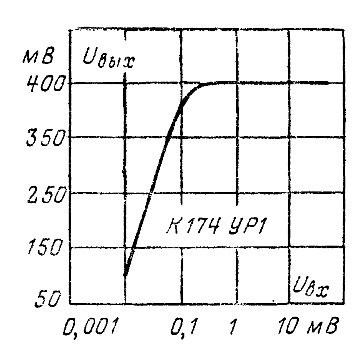


Рис. 4-59. Зависимость выходного напряжения микросхемы К174УР1 от напряжения источника питания.

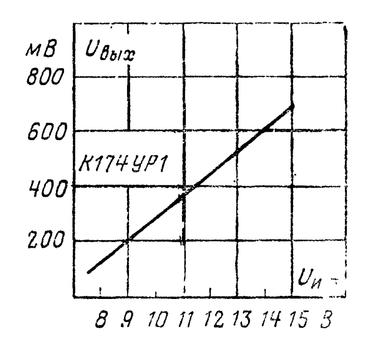


Рис. 4-60. Зависимость коэффициента подавления амплитудной модуляции микросхемы К174УР1 от входного напряжения.

МИКРОСХЕМА К174УР2

Микросхема К174УР2 представляет собой усилитель напряжения промежуточной частоты, синхронный детектор, предварительный усилитель видеосигнала и ключевую автоматическую регулировку усиления канала изображения телевизионного приемника. Принципиальная схема микросхемы довольно сложная, включает в себя 165 элементов и поэтому не приводится, функциональная схема микросхемы К174УР2 приведена на рис. 4-61, *а*. Типовая схема включения микросхемы К174УР2 приведена на рис. 4-61, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 12 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УР2 приведены в табл. 4-27. В зависимости от чувствительности микросхемы К174УР2 делятся на группы А и Б.

Электрические параметры микросхемы К174УР2 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-28.

Зависимости управляющего напряжения АРУ от входного напряжения приведены на рис. 4-62. Зависимости напряжения шумов на выходе микросхемы от входного напряжения приведены на рис. 4-63.

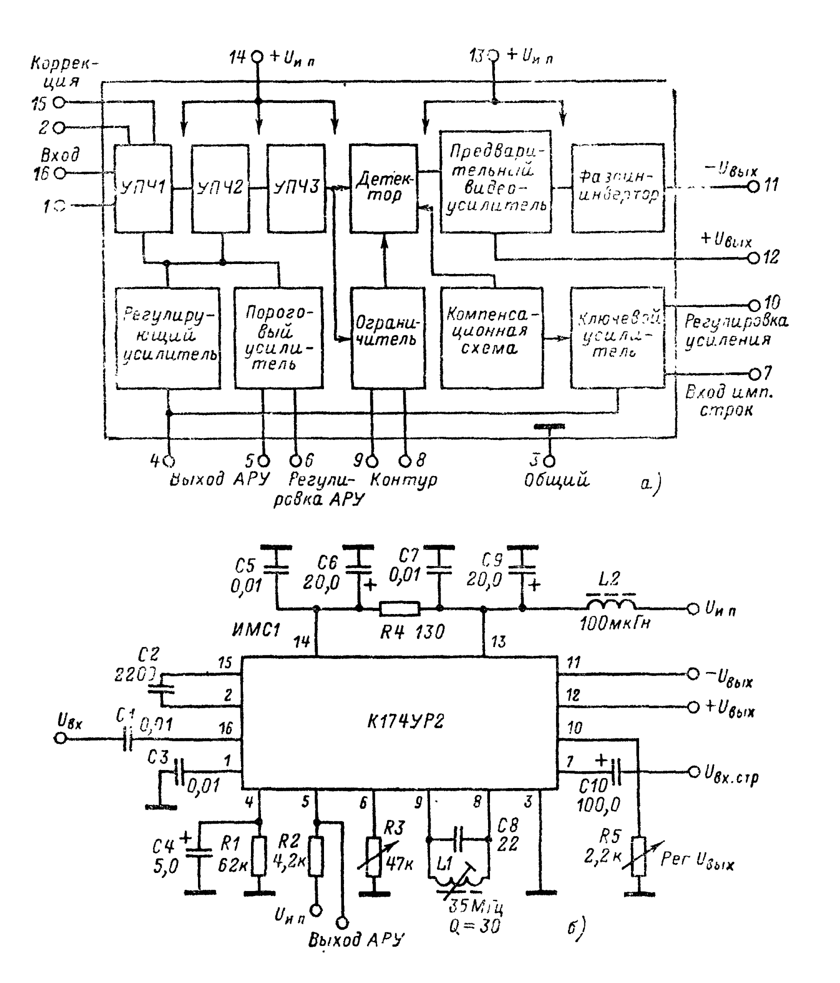


Рис. 4-61. Функциональная схема микросхемы К174УР2 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-27

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	15*
Амплитудное значение напряжения входного сигнала $U_{вх}$, мВ	1
Амплитуда импульсов строк по выводу 7 $U_{имп\ 7}$, В	6
Амплитудное значение тока в нагрузке $I_н$, мА	16

* Время действия не более 3 мин.

Таблица 4-28

Параметр	Нормы на параметры К174УР2		t, °C	Режим измерения	
	А	Б			
$I_{пот}$, мА	50—75		−10; +25; +60	$U_{вх}=0$	$f=30\div35$ МГц, $U_{11}=5{,}5$ В, $f_m=1\div16$ кГц, $m=50\%$
U_{12}, В	5—7 4,5—7		+25 +60	$U_{вх}=0$	
$U_{АРУ}$ $(U_Б)$, В	10		+25; +60	$R3=0$	
	2			$R3=47$ кОм	
S, мкВ	250—500 700	300 400	+25 +60	$U_{11}=2{,}6$ В	
$\Delta U_{вых}$, дБ	3		+25	$\Delta U_{вх}=50$ дБ	
			+60	$\Delta U_{вх}=46$ дБ	
$U^-_{вых}$, В	2,4—4,2		+60; +25	$f=30\div35$ МГц, $U_{11}=5{,}5$ В, $f_m=1\div16$ кГц, $m=50\%$	
$U^+_{вых}$, В	2,4—4,2		+60; +25		
$Д_{эрп}$, дБ	55		+25		
Δf, МГц	6		+25		
$\Delta\Delta f$*, МГц	1		+25	$\Delta K_{yU}=50$ дБ	$f=30\div35$ МГц, $U_{11}=5{,}5$ В, $f_m=1\div16$ кГц, $m=50\%$
U_{14}, В	5,5—6,5		24	$I_{14}=40$ мА	

* Изменение полосы пропускания.

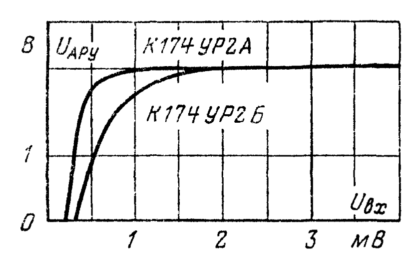


Рис. 4-62. Зависимости управляющего напряжения АРУ микросхемы К174УР2 от входного напряжения.

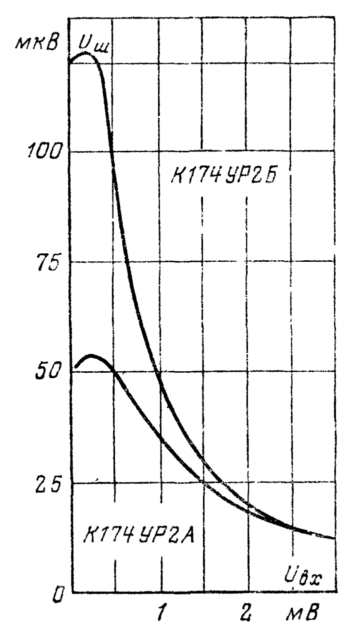


Рис. 4-63. Зависимости напряжения шумов на выходе микросхемы К174УР2 от входного напряжения.

МИКРОСХЕМА К174УР3

Микросхема К174УР3 представляет собой усилитель напряжения промежуточной частоты, частотный детектор и предварительный усилитель низкой частоты. Функциональная схема микросхемы К174УР3 приведена на рис. 4-64, *а*, типовая схема включения на рис. 4-64, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального ±5%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К174УР3 приведены в табл. 4-29.

Электрические параметры микросхемы К174УР3 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-30.

Таблица 4-29

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение источника питания $U_{и\,п}$, В	5	9
Ток управления по выводу 7 $I_{упр\,7}$, мА	0,05	1
Входное напряжение $U_{вх}$, мВ	—	300

Зависимости основных электрических параметров микросхемы К174УР3 от напряжения питания приведены на рис. 4-65—4-68. Амплитудная характеристика микросхемы приведена на рис. 4-69. Зависимость коэффициента подавления амплитудной модуляции от входного напряжения приведена на рис. 4-70.

Зависимости выходного напряжения низкой частоты (с вывода *8* ИМС) и коэффициента гармоник от добротности контура *L2*, *C6* (рис. 4-64, *б*) приведены на рис. 4-71.

Зависимость выходного постоянного напряжения (с вывода *10* ИМС) от расстройки частоты входного сигнала приведена на рис. 4-72.

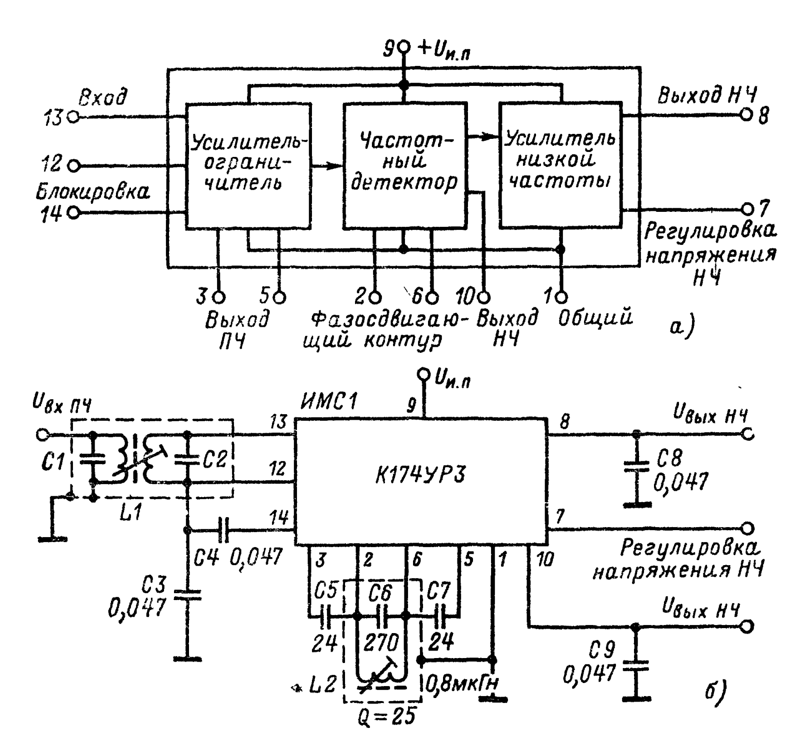


Рис. 4-64. Функциональная схема микросхемы К174УР3 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-30

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	12 13	+25 −25; +55	$U_{вх}=0$	$f=10,7$ МГц, $\Delta f=\pm 50$ кГц, $f_m=1$ кГц
$U_{вых\ 8}$, мВ	100	+25	$U_{вх}=0,5$ мВ	
	80	−25; +55	$U_{вх}=50$ мВ, $f=6,5$ МГц	
$K_{под\ АМ}$, дБ	40	+25	$U_{вх\ АМ\ ЧМ}=0,5$ В, $m=30\%$	
$U_{вх.огр}$, мкВ	100	+25		
$K_г$, %	2	+25	$U_{вх}=0,5$ мВ	
$\Delta U_{вых\ 8}$, дБ	60	+25	$I_{упр\ 7}=0,05\div 1$ мА	
$R_{вх}$, кОм	3,9	+25	$f=15$ МГц	
$R_{вых}$, кОм	1,5	+25		
$R_{12,\ 13}$, Ом	500	+25	$f=0$	

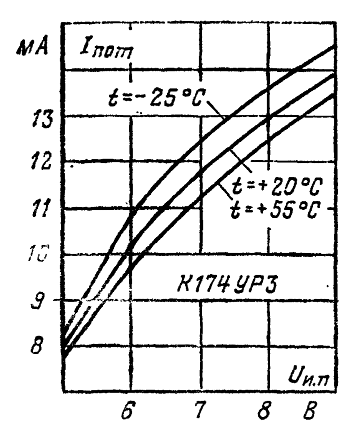


Рис. 4-65. Зависимости тока потребления микросхемы К174УР3 от напряжения питания при различных значениях температуры окружающей среды.

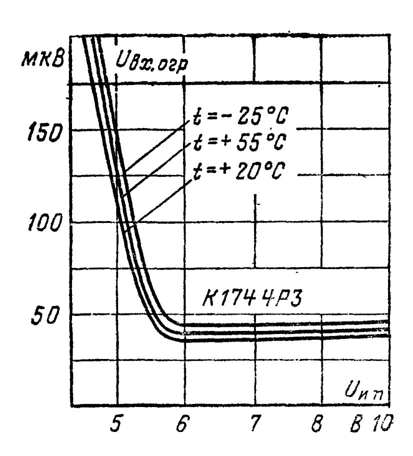


Рис. 4-66. Зависимости входного напряжения при ограничении микросхемы К174УР3 от напряжения питания при различных значениях температуры окружающей среды.

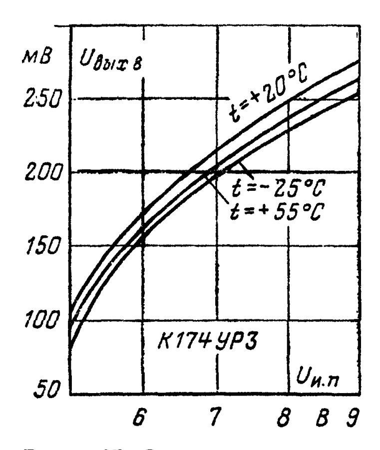


Рис. 4-67. Зависимости выходного напряжения низкой частоты микросхемы К174УР3 от напряжения питания при различных значениях температуры окружающей среды.

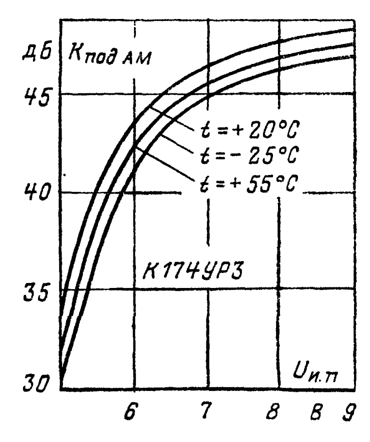


Рис. 4-68. Зависимости коэффициента подавления амплитудной модуляции микросхемы К174УР3 от напряжения питания при различных значениях температуры окружающей среды.

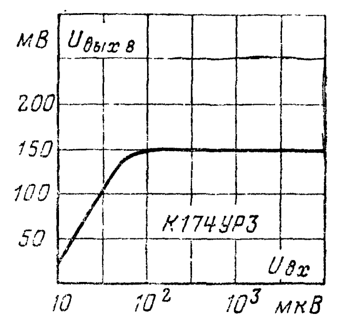


Рис. 4-69. Амплитудная характеристика микросхемы К174УР3.

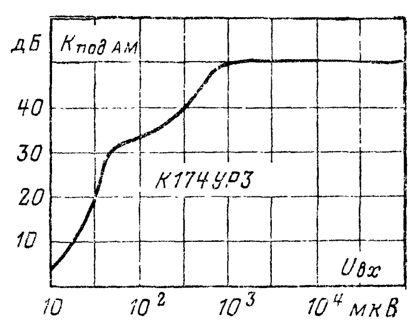


Рис. 4-70. Зависимость коэффициента подавления амплитудной модуляции микросхемы К174УР3 от входного напряжения.

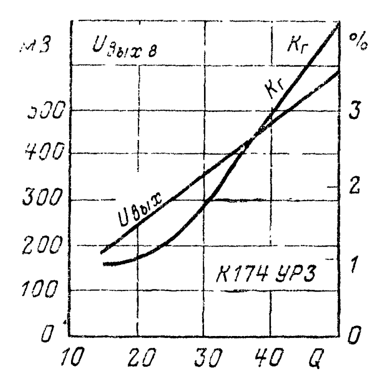


Рис. 4-71. Зависимости выходного напряжения низкой частоты (с вывода *8*) и коэффициента гармоник микросхемы К174УР3 от добротности контура *L6C6* (рис. 4-66, *б*).

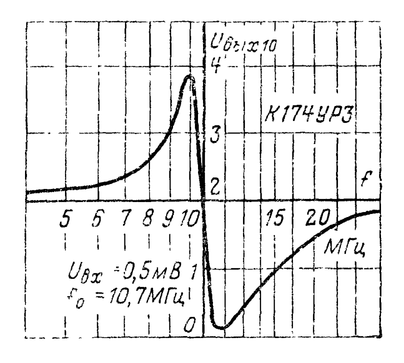


Рис. 4-72. Зависимость выходного постоянного напряжения (с вывода *10*) микросхемы К174УР3 от расстройки частоты входного сигнала.

МИКРОСХЕМА К175УВ1

Микросхема К175УВ1 представляет собой широкополосный усилитель (рис. 4-73, *а*). Типовая схема включения микросхемы К175УВ1 приведена на рис. 4-73, *б*. В зависимости от верхней граничной частоты полосы пропускания микросхема делится на группы А и Б. Микросхема К175УВ1А имеет верхнюю граничную частоту не менее 30 МГц, микросхема К175УВ1Б — 45 МГц. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6,3 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К175УВ1 приведены в табл. 4-31.

Электрические параметры микросхемы К175УВ1 при номинальном напряжении питания, $R_н=1$ кОм и $C_н=5$ пФ приведены в табл. 4-32.

Нижняя граничная частота полосы пропускания определяется емкостью переходных конденсаторов *C1*, *C4* (рис. 4-73, *б*). Амплитудно-частотную характеристику усилителя можно корректировать, изменяя емкость конденсатора *C2* (рис. 4-73, *б*) в пределах 0—30 пФ. Допускается работа микросхемы на нагрузку $R_н \geqslant 200$ Ом и $C_н \leqslant 10$ пФ, а также на последовательный резонансный контур.

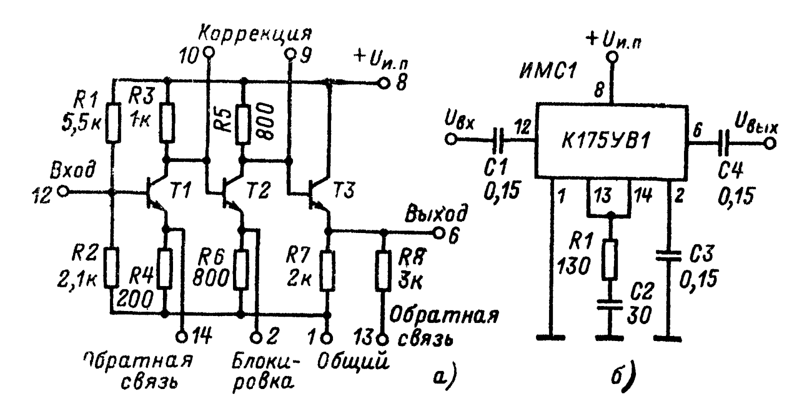


Рис. 4-73. Принципиальная схема микросхемы К175УВ1 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-31

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	7
Амплитуда входного напряжения $U_{вх}$, В	1,5

Таблица 4-32

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	3—4,5	+25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	10	+25	$U_{вх}=10$ мВ, $f=1$ МГц
ΔK_{yU}, %	25	—45; +85	
$K_г$, %	10	+25	$U_{вых}=0,5$ В
$K^*_ш$, дБ	12	+25	$f=20$ МГц
$R_{вх}$, кОм	1	+25	$f=0,1$ МГц

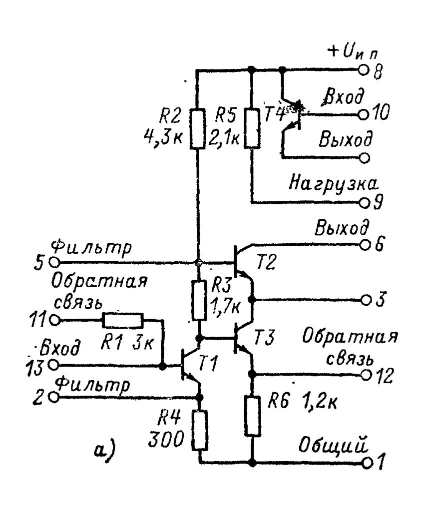
* Коэффициент шума $K_ш$ измеряется измерителем коэффициента шума транзисторов ИШТ-1М путем подключения его к входному транзистору *Т1* микросхемы.

МИКРОСХЕМА К175УВ3

Микросхема К175УВ3 представляет собой широкополосный усилитель с малой потребляемой мощностью, рис. 4-74, *а*. Типовая схема включения микросхемы К175УВ3 приведена на рис. 4-74, *б*. В зависимости от крутизны вольт-амперной характеристики микросхемы делятся на группы А и Б. Микросхема

Таблица 4-33

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	6,6
Амплитуда импульсов входного напряжения $U_{вх}$, В	2,0
Ток коллектора эмиттерного повторителя $I_к$, мА	2,0
Обратное напряжение на базе транзистора эмиттерного повторителя $U_{ЭБ}$	3,0
Рассеиваемая мощность на транзисторе эмиттерного повторителя при температуре окружающей среды до +85 °С, $P_{рас}$, мВт	10



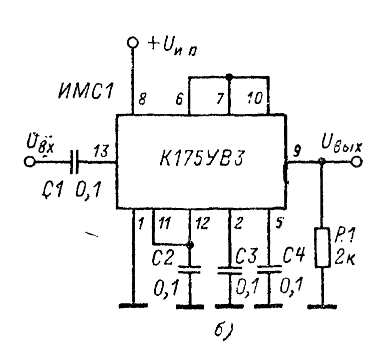


Рис. 4-74. Принципиальная схема микросхемы К175УВ3 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-34

Параметр	Нормы на параметры		t, °С	Режим измерения
	К175УВ3А	К175УВ3Б		
$I_{пот}$, мА	20 2,5		+25 —45	$U_{вх}$=1 мВ
$S^*_{ВА}$, мА/В	250	400	+25	$U_{вх}$=1 мВ, f=465 кГц
$\Delta S_{ВА}$, %	—50 —30	+35	+85 —45	$U_{вх}$=10 мВ, f=0,1 МГц
$f_в$, МГц	3		+25	$U_{вх}$=1 мВ
$K_ш$**, дБ	10		+25	f=1,6 МГц
$C_{вх}$, пФ	50		+25	f=1 МГц

* Крутизна вольт-амперной характеристики.
** Определяется аналогично, как и для ИМС К175УВ1.

К175УВ3А имеет крутизну 250 мА/В, микросхема К175УВ3Б - 400 мА/В. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К175УВ3 приведены в табл. 4-33.

Электрические параметры микросхемы К175УВ3 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-34.

Между выводами *6* и *8* микросхемы допускается ставить внешний резистор $R_к$ сопротивлением 0,1—10 кОм. Допускается работа микросхемы на нагрузку $R_н \geqslant 200$ Ом и $C_н \leqslant 10$ пФ, а также на последовательный резонансный контур.

МИКРОСХЕМА К224УН16

Микросхема К224УН16 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 4 Вт при нагрузке 8 Ом (рис. 4-75, *а*). Типовая схема включения микросхемы К224УН16 приведена на рис. 4-75, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы минус 30 В. Допустимые отклонения напряжения питания от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К224УН16 приведены в табл. 4-35.

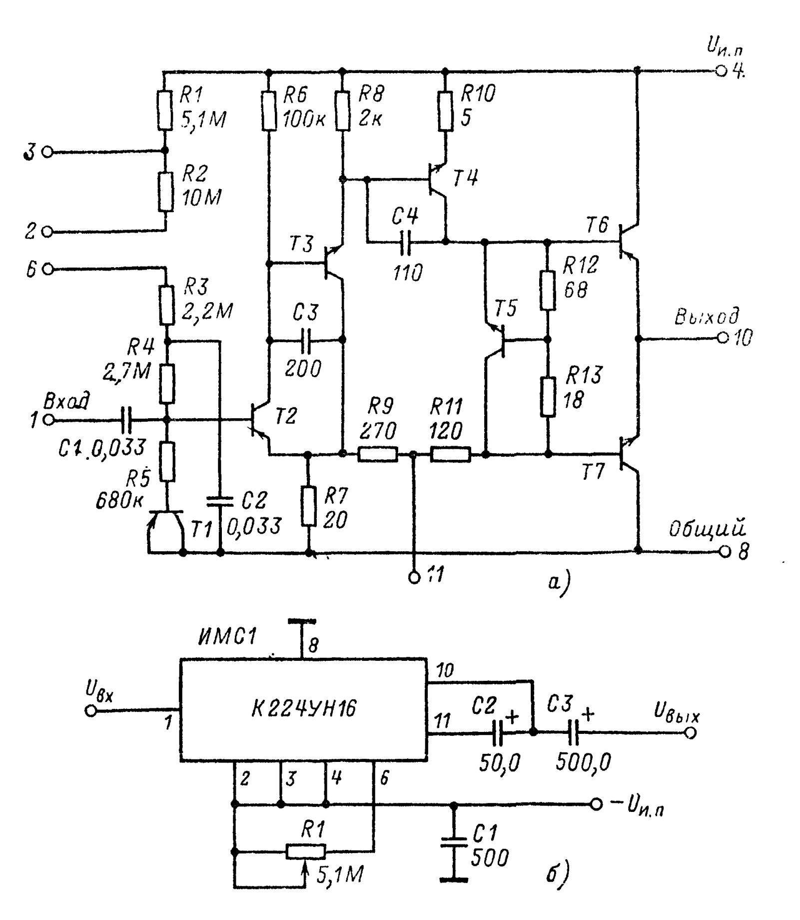


Рис. 4-75. Принципиальная схема микросхемы К224УН16 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Электрические параметры микросхемы К224УН16 при $U_{и.п}$ = —27 В и $R_н$ = =8 Ом приведены в табл. 4-36.

Таблица 4-35

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	—33
Выходная мощность $P_{вых}$, Вт	5

Таблица 4-36

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
S, В	1,0	+25	$U_{вых}$=5,6 В, f=1 кГц
$K_г$, %	2,5		$U_{вых}$=3,5 В, f=1 кГц
$P_{вых}$, Вт	4		$U_{вых}$=5,6 В
Δf, кГц	0,05—20		$K_{нр\ Ач}$=±3 дБ
$R_{вых}$, кОм	300		f=1 кГц

МИКРОСХЕМА К224УН17

Микросхема К224УН17 представляет собой усилитель мощности низкой частоты с номинальной выходной мощностью 20 Вт при нагрузке 4 Ом (рис. 4-76, *а*). Типовая схема включения микросхемы К224УН17 приведена на рис. 4-76, *б*. Номинальные напряжения питания микросхемы плюс 24 В, минус 24 В. Допустимые отклонения напряжений питания от номинальных значений ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К224УН17 приведены в табл. 4-37.

Электрические параметры микросхемы К224УН17 при номинальных напряжениях питания и $R_н$=4 Ом приведены в табл. 4-38.

Таблица 4-37

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры	
	не менее	не более
Напряжение положительного источника питания $+U_{и.п}$, В	—	26,4 В
Напряжение отрицательного источника питания $-U_{и.п}$, В	—26,4 В	—
Выходная мощность $P_{вых}$, Вт	—	35

Таблита 4-38

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
S, В	0,8	+25	$U_{вых}$=9 В, f=1 кГц
$K_г$, %	1,5		$U_{вых}$=6,3 В, f=1 кГц
$P_{вых}$, Вт	20		$U_{вых}$=9 В
Δf, кГц	0,02—20		$K_{нр\ Ач}$=3 дБ
$R_{вх}$, кОм	10		f=1 кГц

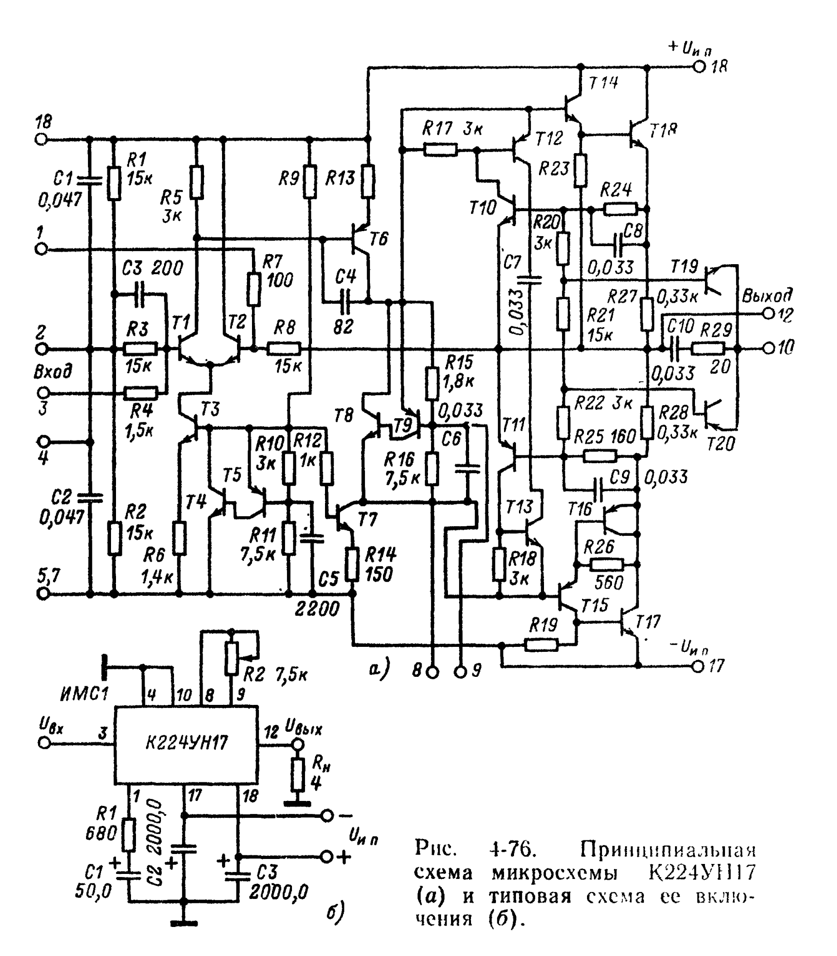


Рис. 4-76. Принципиальная схема микросхемы К224УН17 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

МИКРОСХЕМА К2УС371

Микросхема К2УС371 представляет собой усилитель низкой частоты (рис. 4-77, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2УС371 приведена на рис. 4-77, *б*. Схема обеспечивает выходную мощность 0,5 Вт. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 9 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 1 В, минус 3,4 В.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К2УС371 приведены в табл. 4-39.

Электрические параметры микросхемы К2УС371 при номинальном напряжении питания и $R_н$=6,5 Ом приведены в табл. 4-40.

Для получения максимальной выходной мощности с усилителя рекомендуется подключать регулировочный резистор *R2* или *R4* (см. рис. 4-53, *б*). Сопротивление регулировочного резистора подбирают в отсутствие входного сигнала, таким образом, чтобы потенциал вывода *1* микросхемы находился в пределах 3,75—3,85 В.

В паспортах микросхем приводятся сведения о значении и месте (вывод микросхемы) подключения регулировочного резистора, например *16* к *11* — к выводу *11* нужно подключать резистор сопротивления 16 кОм.

Уменьшение сопротивления резистора *R1* (рис. 4-77, *б*) приводит к уменьшению глубины отрицательной обратной связи и к увеличению влияния выходного сопротивления источника сигнала на устойчивость усилителя.

Коэффициент усиления усилителя в небольших пределах можно регулировать изменением сопротивления резистора *R3* в цепи обратной связи (рис. 4-77, *б*). При чрезмерном уменьшении сопротивления резистора *R3* возрастает уровень нелинейных и особенно переходных искажений вследствие уменьшения обратной связи.

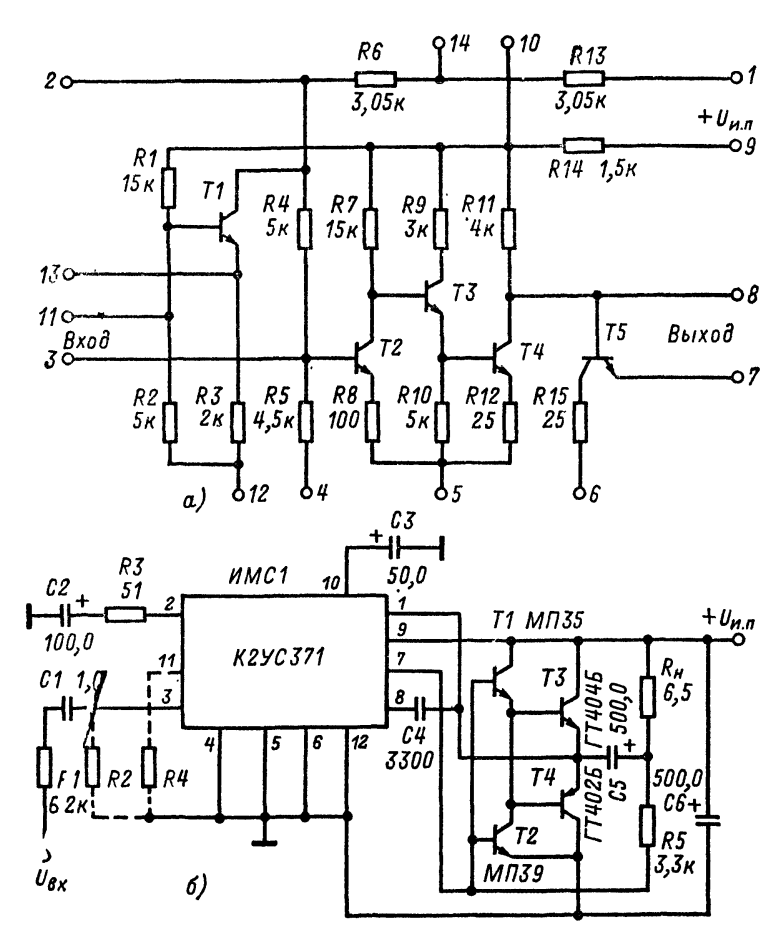


Рис 4-77. Принципиальная схема микросхемы К2УС371 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-39

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания (вывод *9*) $U_{и.п}$, В	10
Напряжение на выводе *7* микросхемы U_7, В	10
Напряжение на выводе *10* микросхемы U_{10}, В	6,5
Напряжение на выводе *1* микросхемы U_1, В	6,5

Таблица 4-40

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	3,2 — 5,0	+25	$U_{вх}=0$	
	3,4 — 6,7	+55		
	1,6 — 3,6	—25		
S, мВ	15—30	+25	$U_{вых}=1{,}8$ В	$U_{и.п}=5{,}6$ В
$K_г$, %	5,0	+25	$U_{вых}=2{,}2$ В	
	0,3		$U_{вых}=1{,}8$ В	
	5,0		$U_{вых}=1{,}3$ В	
	2,0		$U_{вых}=0{,}1$ В	
	8,0	+55	$U_{вых}=2{,}2$ В, $U_{и.п}=10$ В	
		—25	$U_{вых}=1$ В, $U_{и.п}=5{,}6$ В	
U_{11}, В	1,1 — 1,7	+25	$U_{вх}=0$	
U_{13}, В	0,5 — 1,1			
U_{14}, В	2,7 — 3,3			

МИКРОСХЕМА К2УС372

Микросхема К2УС372 представляет собой усилитель низкой частоты (рис. 4-78, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2УС372 приведена на рис 4-78, *б*. Схема обеспечивает выходную мощность 3 Вт. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 12 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 3 В, минус 4,8 В.

Электрические параметры микросхемы К2УС372 при $U_{и.п}=12{,}8$ В и $R_н=3{,}9$ Ом приведены в табл. 4-41. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К2УС372 приведены в табл. 4-42.

Для получения максимальной выходной мощности рекомендуется подключать регулировочный резистор *R3* или *R4* (рис. 4-78, *б*). Сопротивление регули-

Таблица 4-41

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	6,5 — 8,5	+25	$U_{вх}=0$	
	7,5 — 10,5	+55		
	3,2 — 5,0	—25		
S, мВ	25 — 50	+25	$U_{вых}=3{,}5$ В	$f=1$ кГц
$K_г$, %	1		$U_{вых}=3{,}5$ В	
	2		$U_{вых}=0{,}2$ В, $U_{и.п}=7{,}2$ В	
	5		$U_{вых}=3{,}5$ В, $U_{и.п}=15$ В	
	5	+55	$U_{вых}=1{,}8$ В, $U_{и.п}=7{,}2$ В	
	8	—25	$U_{вых}=1{,}8$ В, $U_{и.п}=7{,}2$ В	
U_2, В	1,8 — 2,3	+25	$U_{вх}=0$	
U_{11}, В	1,8 — 2,2			
U_{13}, В	1,1 — 1,5			

ровочного резистора подбирают в отсутствие входного сигнала таким образом, чтобы потенциал вывода *14* микросхемы находился в пределах 6,55—6,65 В.

Отметка о значении и месте подключения регулировочного резистора делается аналогично, как и для микросхемы К2УС371. Рекомендации по подбору *R1*, *R10* аналогичны рекомендациям по подбору резисторов *R1*, *R3* для микросхемы К2УС371.

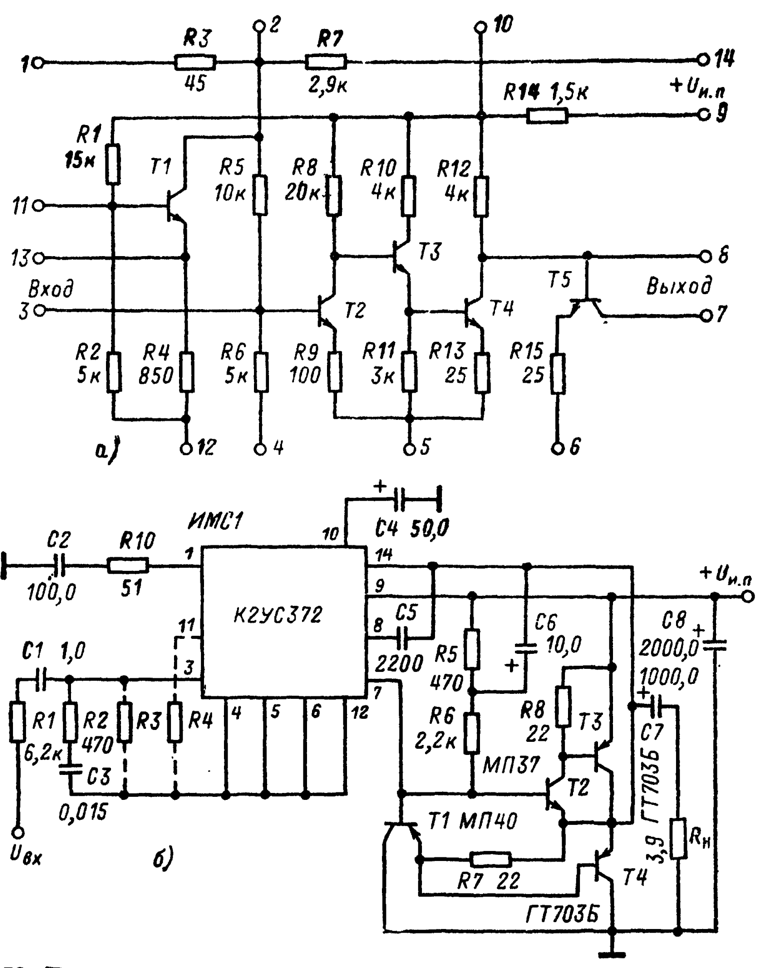


Рис. 4-78. Принципиальная схема микросхемы К2УС372 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Таблица 4-42

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания (вывод *9*) $U_{и.п}$, В	15
Напряжение на выводе *7* микросхемы U_7, В	15
Напряжение на выводе *10* микросхемы U_{10}, В	10
Напряжение на выводе *14* микросхемы U_{14}, В	15

МИКРОСХЕМА К2УС373

Микросхема К2УС373 представляет собой универсальный усилитель тракта запись — воспроизведение аппаратуры магнитной записи (рис. 4-79, *а*). Микросхема может быть также использована в любых других устройствах радиоэлектронной аппаратуры. Типовая схема включения микросхемы К2УС373 приведена на рис. 4-79, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации транзисторов микросхемы К2УС373 при использовании ее в схеме включения, отличной от типовой (рис. 4-79, *б*), приведены в табл. 4-43.

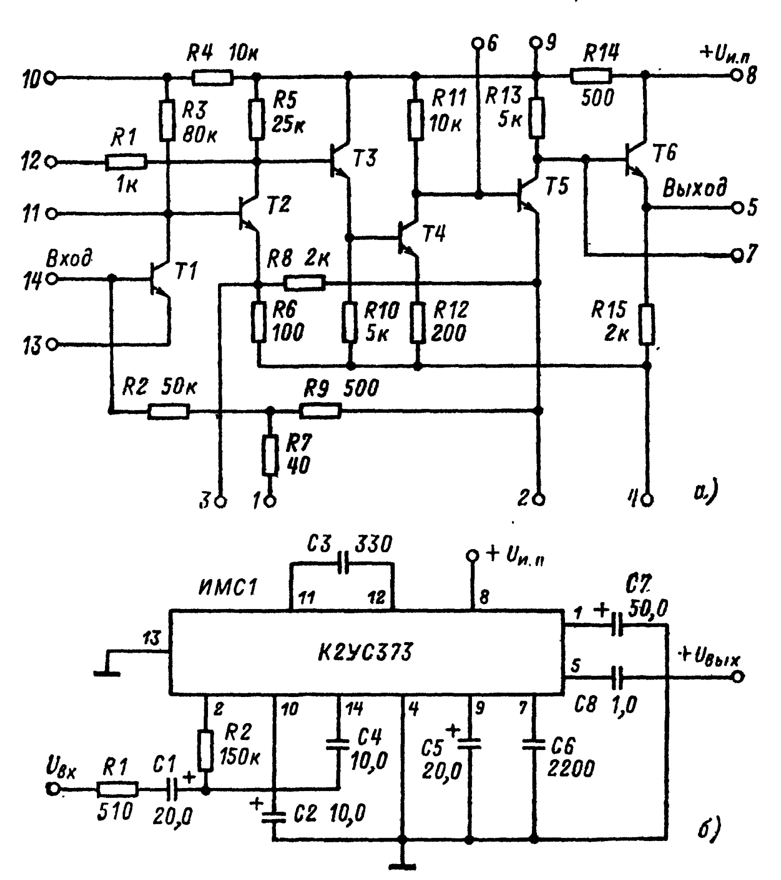


Рис. 4-79. Принципиальная схема микросхемы К2УС373 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Электрические параметры микросхемы К2УС373 при номинальном напряжении питания и $R_н = \infty$ приведены в табл. 4-44.

Амплитудно-частотную характеристику усилителя можно корректировать с помощью частотно-зависимых корректирующих звеньев, включаемых в цепь отрицательной обратной связи между выводом *2* и входом (вывод *14*) микросхемы. Верхняя граница частотного диапазона определяется емкостями конденсаторов *С3* и *С6* (см. рис. 4-55, *б*). Нижняя граница частотного диапазона определяется значением емкости конденсаторов *С1*, *С2*, *С4*, *С7* и *С8*.

Таблица 4-43

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение коллектор—эмиттер, $U_{КЭ}$, В	5
Напряжение коллектор—база $U_{КБ}$, В	5
Напряжение база—эмиттер $U_{БЭ}$, В	3,5
Ток коллектора $I_К$, мА	15

Таблица 4-44

Параметр	Нормы на параметры	t, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	1,8 — 2,5 2 — 3,6 1,8 — 2,3	+25 +55 −25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	1900 — 2500 1900 — 2600	+ 25 ; — 25 +55	$f=400$ Гц
$K_г$, %	0,7	+25	$U^*_{вых}=0,8$ В, $f=400$ Гц
$U_ш$, мВ	2,0*		$U_{вх}=0$
$K_{нр\ Ач}$, дБ	±3		$\Delta f=30\div14\,000$ Гц

* Напряжение шумов на выходе микросхемы (не приведенное к входу).

МИКРОСХЕМА К2УС375

Микросхема К2УС375 представляет собой усилитель промежуточной частоты (рис. 4-80, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2УС375 приведена на рис. 4-80, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 6 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 4 В, минус 1 В.

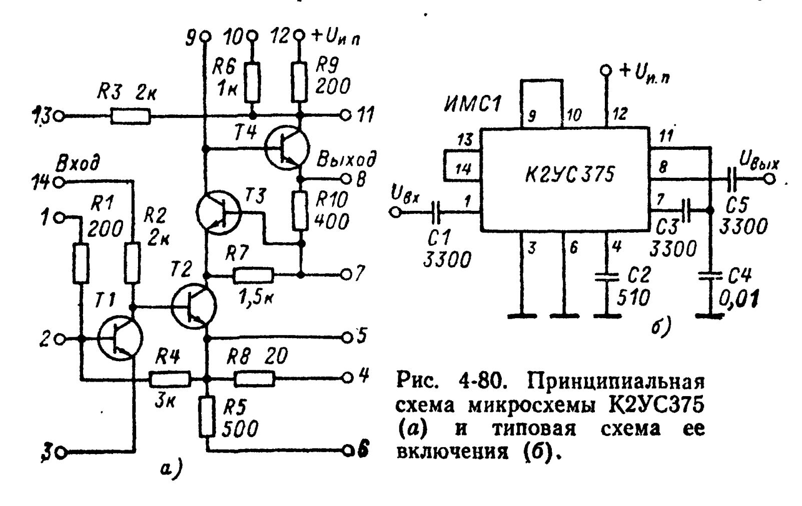


Рис. 4-80. Принципиальная схема микросхемы К2УС375 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К2УС375 приведены в табл. 4-45.

Электрические параметры микросхемы К2УС375 при номинальном напряжении питания и $R_н=\infty$ приведены в табл. 4-46.

Напряжение питания допускается подводить непосредственно к выводу *11* микросхемы. В этом случае его значение рекомендуется выбирать в пределах 5—8 В.

Для уменьшения уровня шумов усилителя рекомендуется сужать его полосу, включая *LC*-контур между выводами *9* и *11*. При этом выводы *9* и *10* должны быть разъединены. Значение напряжения питания на выводе *11* в этом случае может быть понижено до 4 В. Выходной каскад усилителя (транзистор *Т4*, рис. 4-80, *а*) при выходном напряжении более 180 мВ работает с односторонней отсечкой. Включая *LC*-контур между выводами *8—11*, можно обеспечить симметричную форму выходного напряжения с одновременным сужением полосы пропускания.

Таблица 4-45

Наименование параметра	Нормы на параметры
Напряжение на выводах *9, 10, 11, 12, 13* и *14* микросхемы, В	10
Напряжение на выводах *1* и *2* (относительно вывода *3*), В	4
Ток нагрузки (через вывод *8*) $I_н$, мА	10

Таблица 4-46

Параметр	Нормы на параметры	*t*, °С	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	2,0 — 3,0 2,8 — 4,2 1,7 — 2,8	+25 +55 —25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	150 — 210	—25 ÷ +55	$U_{и.п}=5\div10$ В, $f=10{,}7$ МГц, $U_{вх}=1$ В
U_2, В	0,6 — 0,72	+25	$U_{вх}=0$
U_5, В	0,62 — 0,75		
U_{11}, В	5,4 — 5,6		
$R_{вх}$, Ом	300	+25	$f=10{,}7$ МГц

МИКРОСХЕМА К2ЖА371

Микросхема К2ЖА371 представляет собой усилитель высокой частоты с преобразователем (рис. 4-81, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2ЖА371 в качестве УВЧ, смесителя и гетеродина приведена на рис. 4-81, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 5 В, минус 1,4 В. Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К2ЖА371 при использовании ее в схеме включения, отличной от схемы на рис. 4-81, *б*, приведены в табл. 4-47.

Электрические параметры микросхемы К2ЖА371 при номинальном напряжении питания и $U_{АРУ}=5$ В приведены в табл. 4-48.

Усилитель высокой частоты (транзистор *Т1*, рис. 4-81, *а*) может выполняться как с резонансной, так и нерезонансной нагрузкой. В последнем случае внут-

реннее сопротивление источника сигнала должно находиться в пределах 500 Ом — 1 кОм, если требуется получить оптимальные шумовые характеристики схемы. Для снижения уровня собственных шумов усилителя высокой частоты рекомендуется использовать режекторный фильтр *C1*, *L1*, как показано на схеме рис. 4-81, *б*. Использование режекторного фильтра повышает устойчивость по промежуточной частоте.

Гетеродин для упрощения коммутации в многодиапазонных устройствах выполнен по схеме с отрицательным сопротивлением (транзисторы *T4*, *T6*, рис. 4-81, *а*). Амплитуда колебаний стабилизирована транзистором *T3*. Эквивалентное сопротивление гетеродинного контура *L4*, *C10* (рис. 4-81, *б*), приведенное к выводам *5*, *8* микросхемы, рекомендуется выбирать 4—10 кОм. При

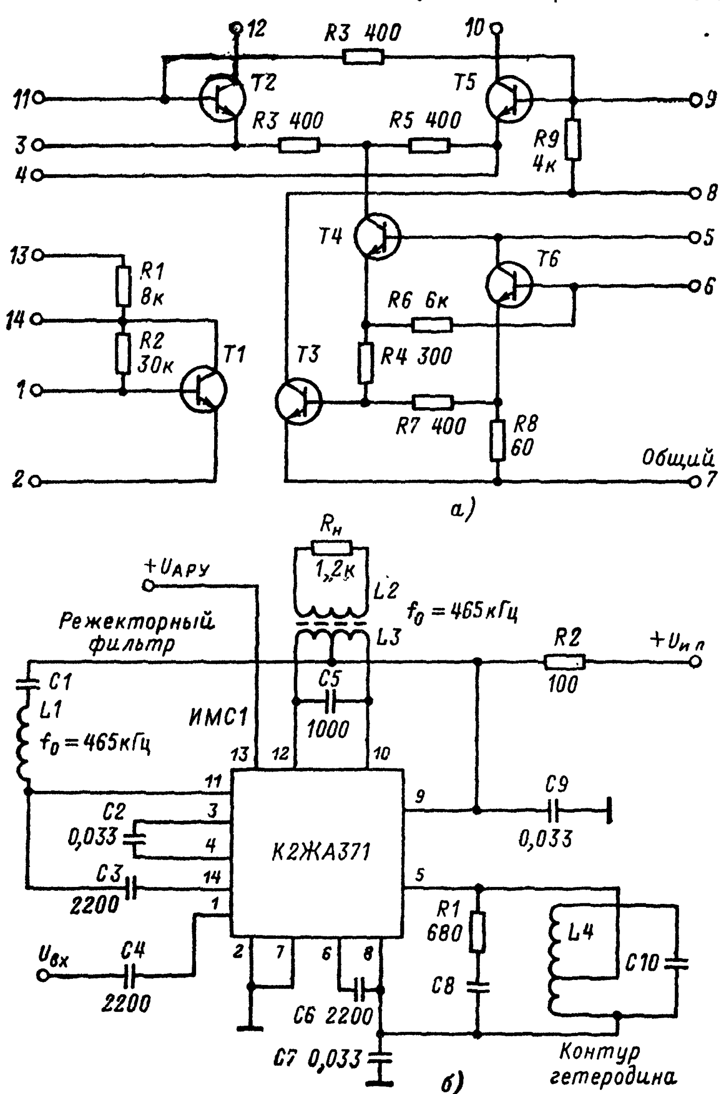


Рис. 4-81. Принципиальная схема микросхемы К2ЖА371 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

уменьшении эквивалентного сопротивления нарушаются условия самовозбуждения, а при увеличении — понижается стабильность частоты. При необходимости повышения стабильности частоты гетеродина рекомендуется выбирать напряжение питания микросхемы вблизи верхнего предела. Неудачное конструктивное выполнение катушки гетеродинного контура может привести к возникно-

Таблица 4-47

Наименование параметра	Нормы на параметры
Максимальный ток нагрузки через вывод *14* микросхемы $I_{н\ 14}$, мА	10
Максимальное напряжение на выводах *9, 10, 11, 12, 13* относительно выводов *2* и *7* микросхемы, В	10

вению паразитных колебаний. Частота этих колебаний определяется индуктивностью рассеяния обмотки связи контура с микросхемой (при этом учитываются соединительные проводники), а также емкостью монтажа (вместе с входной емкостью микросхемы между выводами *5*, *8*). Если уменьшение индуктивности рассеяния (достигается сближением витков обеих обмоток катушки, а также расположением обмотки связи у заземленного вывода основной обмотки) окажется неэффективным, то следует включить подавляющую цепочку *R1*, *C8* непосредственно между выводами *5* и *8* микросхемы. Значения элементов цепочки должны быть выбраны так, чтобы эквивалентное сопротивление паразитного контура на собственной частоте не превышало 1,4 кОм.

Таблица 4-48

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	2—3	+25	$U_{вх}=0$
	3,5—5,5	+55	$U_{и\ п}=10$ В, $U_{вх}=0$
	1,2—2,2	—25	$U_{и.п}=3{,}6$ В, $U_{вх}=0$
K_{yU}	150—350	+25	$R_{экв\ 10-12}=10$ кОм, $f=0{,}15$ МГц
	180—550	+55	$U_{и.п}=10$ В; $R_{экв\ 10-12}=10$ кОм, $f=0{,}15$ МГц
	100—400	—25	$U_{и\ п}=3{,}6$ В; $R_{экв\ 10-12}=10$ кОм, $f=0{,}15$ МГц
$f_в$, МГц	15	+25	$K_{нр\ АЧ}=-5$ дБ
$K^*_ш$, дБ	6	+25	
$U_г$**, мВ	300—500	+25	$f_г=15$ МГц, $R_{экв\ 5-8}=4$ кОм

* Определяется аналогично, как для микросхемы К157ХА1.
** Напряжение гетеродина.

Приняв емкость монтажа и входную емкость микросхемы равной 10 пФ и задавшись $R1=680$ Ом, значение шунтирующей емкости *C8*, пФ, можно определить по формуле

$$C8=0{,}5L_s\left(1+\sqrt{1+\frac{70}{L_s}}\right),$$

где L_s — индуктивность рассеяния обмотки связи, измеренная в точках подключения к микросхеме, мкГн. При выборе элементов цепочки *R1*, *C8* следует учитывать ее шунтирующее действие на основной частоте гетеродина.

Чтобы напряжение гетеродина не проникало на выход смесителя (выводы *10*, *12* микросхемы), выполненного по балансной схеме, и соответственно на вход усилителя промежуточной частоты, необходимо, чтобы обмотки катушки *L3* были симметричны относительно среднего вывода, что достигается их одновременной намоткой в два провода. В правильно спроектированной схеме (рис. 4-81, *б*) напряжение гетеродина на выводах *10* и *12* относительно общей шины не должно превышать 100—200 мВ во всем частотном диапазоне гетеродина.

Эквивалентное сопротивление контура смесителя (между выводами *10* и *12* микросхемы) с учетом подключаемой нагрузки (обычно фильтра с входным сопротивление 1,2 кОм) желательно выбирать порядка 10 кОм. Параметры режекторного контура *C1*, *L1* необходимо выбирать таким образом, чтобы он обеспечивал эффективное подавление частоты 465 кГц, т. е. сопротивление на этой частоте должно быть значительно меньше сопротивления нагрузки УВЧ, равного приблизительно 350 Ом. В то же время на частотах, наиболее близких к промежуточной, в диапазонах ДВ (408 кГц) и СВ (525 кГц) контур не должен заметно шунтировать нагрузку УВЧ.

МИКРОСХЕМА К2ЖА372

Микросхема К2ЖА372 представляет собой усилитель промежуточной частоты с детектором (рис. 4-82, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2ЖА372 в качестве УПЧ 465 кГц с АМ детектором приведена на рис. 4-82, *б*. Номиналь-

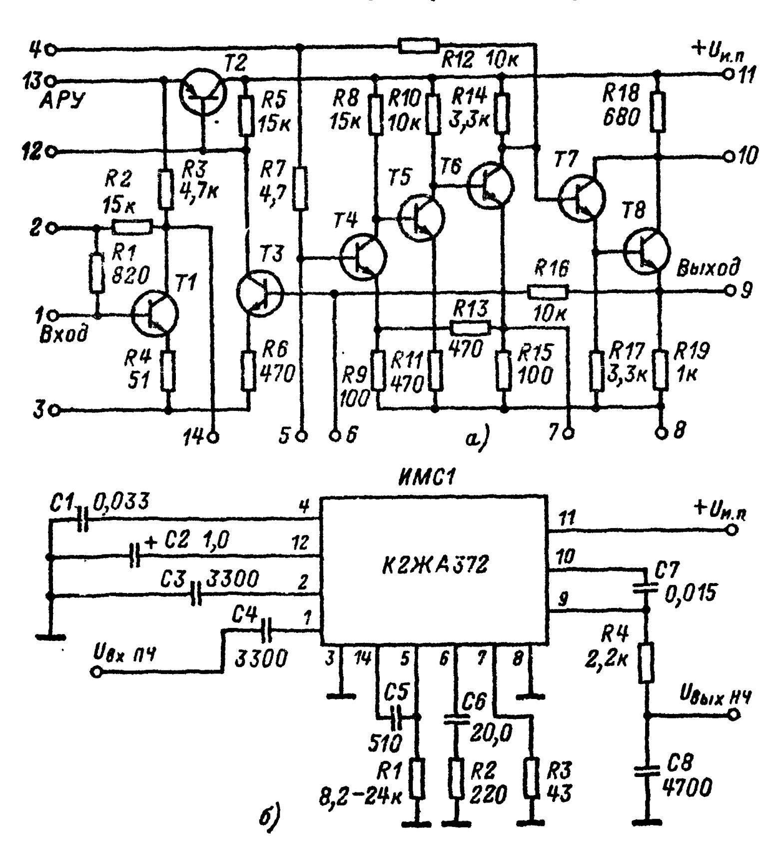


Рис. 4-82. Принципиальная схема микросхемы К2ЖА372 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

ное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 1 В, минус 1,4 В.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К2ЖА372 при использовании ее в схеме включения, отличной от схемы на рис. 4-82, *б*, приведены в табл. 4-49.

Таблица 4-49

Наименование параметра	Нормы на параметры
Напряжение источника питания $U_{и.п}$, В	6
Напряжение между выводами *11* и *10*, В	1,5
Ток нагрузки через вывод *13* микросхемы, мА	1,5

Электрические параметры микросхемы К2ЖА373 приведены в табл. 4-50.

Сопротивление резистора *R1* (рис. 4-82, *б*) подбирают в отсутствие входного сигнала таким образом, чтобы напряжение на конденсаторе *C8* стало равным 0,3±0,05 В. Отметка о значении сопротивления резистора, подключаемого к выводу *5* микросхемы, делается в индивидуальных паспортах микросхем.

Таблица 4-50

Параметр	Нагрузка	*t*, °C	Режим измерения	
$I_{пот}$, мА	4,0	+25	$U_{вх}=0$	$U_{и.п}=5$ В, $f=465$ кГц, $F=400$ Гц, $m=30\%$, $R_н=\infty$
K_{yU}	1200 — 2500		$U_{и.п}=6$ В	
	790 — 1880		$U_{и.п}=3,6$ В	
$\Delta U_{вых}$, дБ	6		$\Delta U_{вх}=0,05 \div 3$ мВ	
$U_{13}(U_{вых\ АРУ})$, В	3,0—4,5		$U_{вх}=0$, $R_{13-3}=3,9$ кОм	
$K_г$, %	3		$U_{вх}=0,3$ В	
$R_{вх}$, Ом	430—1000		$U_{и.п}=5$ В, $f=465$ кГц, $F=400$ Гц, $m=30\%$, $R_н=\infty$	

Для улучшения качественных показателей усилителя рекомендуется включать одиночный контур или полосовой фильтр между выводами *14* и *2* или *14* и *3* микросхемы в соответствии с рис. 4-83. Выводы *2*, *14* или *3*, *14* будут оказывать шунтирующее действие на контур, эквивалентное сопротивлению 1,5—2 кОм. Для уменьшения нелинейных искажений в области низких звуко-

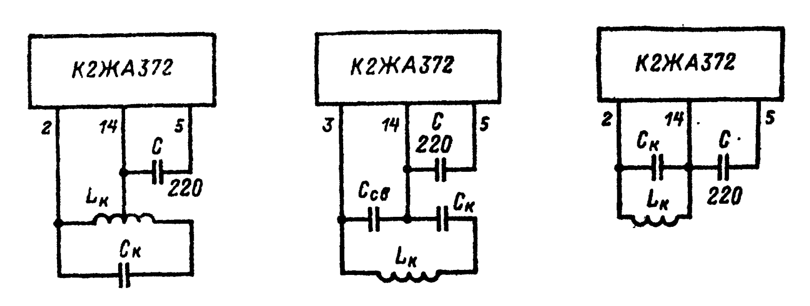


Рис. 4-83. Примеры подключения одиночного контура к микросхеме К2ЖА372.

вых частот при больших уровнях входных сигналов рекомендуется увеличивать емкость конденсаторов *С2* и *С6* (рис. 4-82, *б*) до значений 5 и 100 мкФ соответственно.

МИКРОСХЕМА К2ЖА373

Микросхема К2ЖА373 представляет собой оконечный усилитель записи и индикатор уровня записи (рис. 4-84, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2ЖА373 в качестве оконечного усилителя записи с индикатором уровня запи-

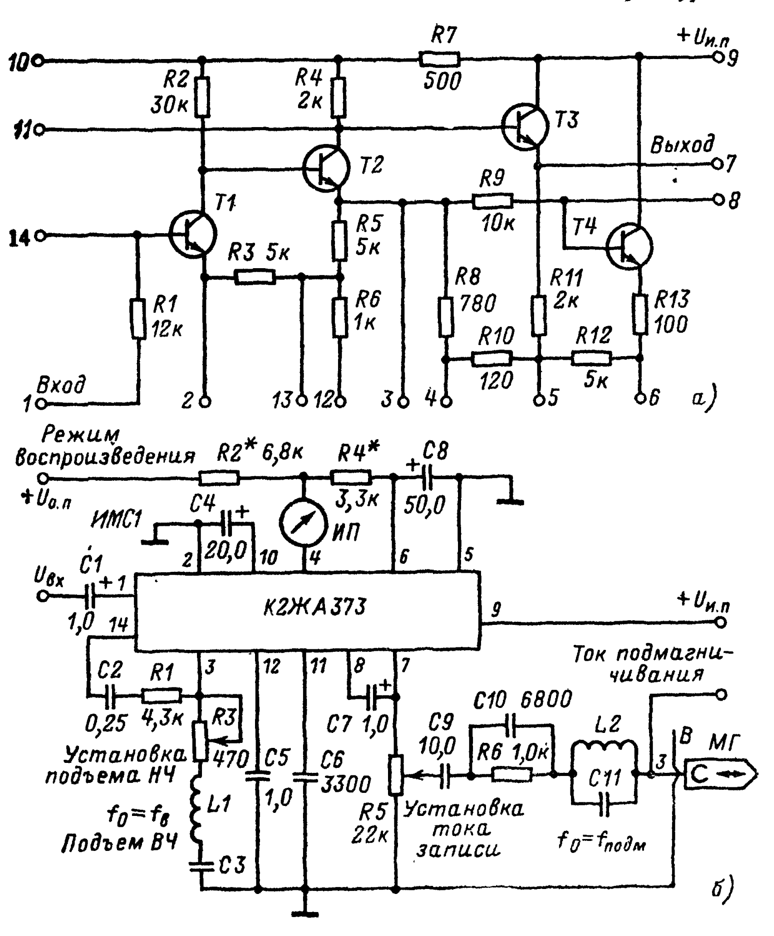


Рис. 4.84. Принципиальная схема микросхемы К2ЖА373 (*а*) и типовая схема ее включения в качестве оконечного усилителя записи с индикатором уровня записи (*б*).

ИП — индикатор типа М478/3; *МГ* — магнитная головка типа *УГ-9* ($L=12$ мГн±20%, $R_0=50$ Ом±1.5%, $\theta=2{,}2\pm10\%$, $I_з=0.3$ мА).

си (для кассетного магнитофона, содержащего магнитную головку и стрелочный индикатор) приведена на рис. 4-84, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального ±10%. Предельно допустимые режимы эксплуатации транзисторов микро-

схемы К2ЖА373 при использовании ее в схеме, отличной от схемы на рис. 4-84, *б*, приведены в табл. 4-51.

Электрические параметры микросхемы К2ЖА373 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-52.

Таблица 4-51

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение коллектор—эмиттер $U_{КЭ}$, В	5
Напряжение коллектор—база $U_{КБ}$, В	5
Напряжение база—эмиттер $U_{БЭ}$, В	3,5
Ток коллектора $I_К$, мА	1,5

Усилитель охвачен общей частотно-зависимой обратной связью *R1*, *C2* с выхода на вход для обеспечения необходимого подъема частотной характеристики в области низких частот. Подъем частотной характеристики в области верхних частот формируется резонансной нагрузкой *L1*, *C3* в цепи эмиттера транзистора *T2*. Элементы *L1*, *C3* ориентировочно выбираются из условий $\rho_к=430\div480$ Ом; $Q_к\geqslant10$.

Таблица 4-52

Параметр	Нормы на параметры	*t*, °C	Режим измерения
пот, мА	3,0—4,0	+25	$U_{вх}=0$
	3,0—4,8	+55	
K_{yU}	6,5—8,0	+25	$U_{вх}=100$ мВ, $f=400$ Гц
$K_г$, %	1,6		$U_{вых}=0,8$ В, $f=400$ Гц
U^6, В	0,8—1,0		$U_{вх}=0$
U_3, В	0,5—0,7		
U_4, В	0,06—0,12		
U_6, В	0,04—0,12		
U_{10}, В	4,4—4,75		
U_{11}, В	3,0—3,5		
U_{13}, В	0,5—0,7		
U_{14}, В	0,7—0,7		
$f_в$, кГц	500		$U_{вых}=-$ 3дБ

С выхода эмиттерного повторителя *T3* сигнал поступает на головку записи и на базу выпрямляющего транзистора *T4*. Стрелочный прибор подключается к выводу *4* и резистивному делителю *R2*, *R4* опорного и выпрямленного напряжений. При отсутствии сигнала ток, проходящий через стрелочный прибор, практически равен нулю (достигается подбором сопротивлений делителя *R2*, *R4*). Появление сигнала вызывает изменение потенциала вывода *6* и соответствующее ему изменение тока через стрелочный прибор.

Коэффициент усиления микросхемы можно изменять от 16 до 50 дБ, изменяя величину сопротивления, подключаемого к выводам *1* и *14* микросхемы. При этом будут возрастать нелинейные искажения. Элементы контура *L2*, *C11* ориентировочно выбираются из условий $\rho_к=1,4\div1,8$ кОм; $Q_к\geqslant30$.

МИКРОСХЕМА К2ЖА375

Микросхема К2ЖА375 представляет собой усилитель высокой частоты с преобразователем (рис. 4-85, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2ЖА375 в качестве усилителя высокой частоты с гетеродином и преобразователем частоты приведена на рис. 4-85, *б*. Номинальное напряжение питания микросхемы плюс 5 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 4 В, минус 1 В.

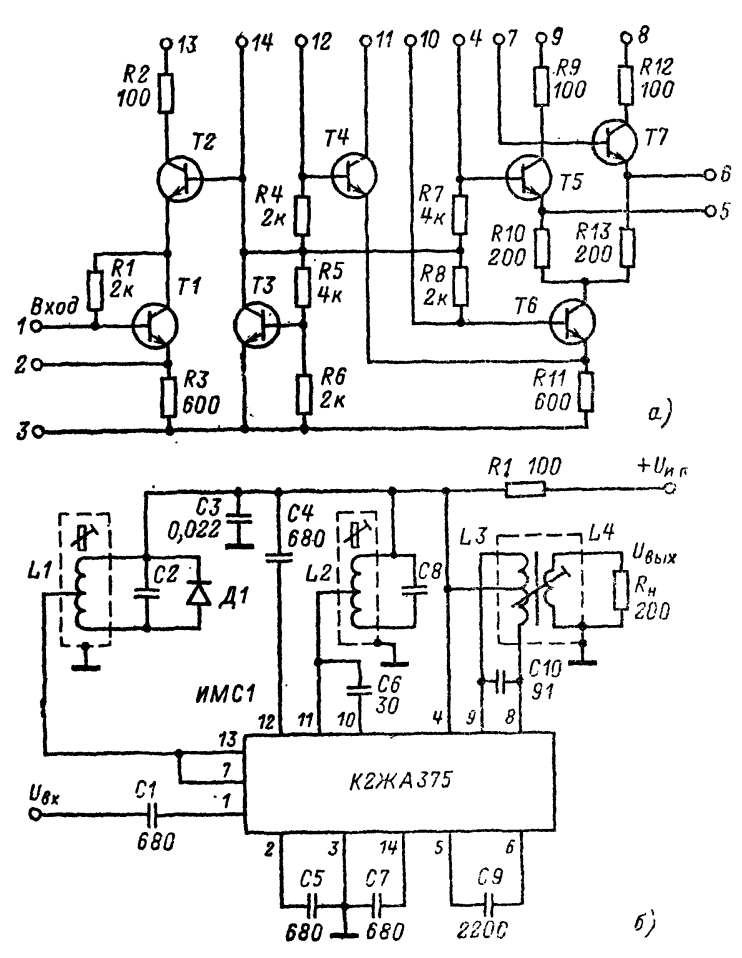


Рис. 4-85. Принципиальная схема микросхемы К2ЖА375 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Предельно допустимые режимы эксплуатации транзисторов микросхемы К2ЖА375 при использовании ее в схеме, отличной от схемы на рис. 4-85, *б* приведены в табл. 4-53.

Электрические параметры микросхемы К2ЖА375 при номинальном напряжении питания приведены в табл. 4-54.

Эквивалентное сопротивление контура усилителя высокой частоты, подключаемого к выводу *13* микросхемы, выбирается в зависимости от требуемого усиления, которое должно составлять 5—7. Ориентировочное значение эквивалентного сопротивления составляет 300—600 Ом.

Таблица 4-53

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Напряжение коллектор—эмиттер $U_{КЭ}$,В	10
Напряжение коллектор—база $U_{КБ}$,В	10
Напряжение база—эмиттер $U_{БЭ}$,В	4
Ток коллектор $I_К$, мА	20
Мощность, рассеиваемая на коллекторе $P_к$, мВт	15

Таблица 4-54

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	3,6 — 5,5 4,8 — 7,1 3,1 — 5,1	+25 +55 −25	$U_{вх}=0$
K_{yU}	10 — 25 7 — 22 12 — 30	+25 +55 −25	$U_{вх}=1$ мВ, $f=108$ МГц
$U_г$, мВ	100 — 200	+25	$f_г=97,3$ МГц

Эквивалентное сопротивление контура гетеродина, подключаемого к выводу *11* микросхемы, должно выбираться в пределах 180—250 Ом из условия обеспечения требуемой стабильности частоты.

Стабильность частоты гетеродина повышается при уменьшении эквивалентного сопротивления, увеличении добротности контура и выборе частоты гетеродина ниже частоты принимаемого сигнала. При необходимости повышения стабильности частоты гетеродина рекомендуется выбирать напряжение питания микросхемы вблизи верхнего предела.

Для исключения влияния входного сигнала на частоту гетеродина рекомендуется в контур УВЧ ставить германиевый диод *Д1* (рис. 4-85, *б*). Эквивалентное сопротивление нагрузки смесителя между выводами *8* и *9* микросхемы должно выбираться в пределах 2—10 кОм в зависимости от требуемого усиления.

МИКРОСХЕМА К2ЖА376

Микросхема К2ЖА376 представляет собой усилитель промежуточной частоты ЧМ сигналов с детектором (рис. 4-86, *а*). Типовая схема включения микросхемы К2ЖА376 в качестве усилителя-ограничителя ЧМ сигнала и квадратурного детектора частоты 10,7 МГц приведена на рис. 4-86, *б*. Номинальное напряжение микросхемы плюс 6 В. Допустимые отклонения питающего напряжения от номинального плюс 4 В, минус 1 В. Предельно допустимые режимы эксплуатации транзисторов микросхемы К2ЖА376 при использовании ее в схеме, отличной от схемы на рис. 4-61, *б*, приведены в табл. 4-55.

Таблица 4-55

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Для усилительной части ИМС (Т1—Т4, рис. 4-86,а)	
Напряжение коллектор—эмиттер $U_{КЭ}$,В	10
Напряжение коллектор—база $U_{КБ}$,В	10
Напряжение база—эмиттер $U_{БЭ}$,В	4
Ток коллектора $I_К$, мА	20
Мощность, рассеиваемая на коллекторе, $P_к$, мВт	15
Для детекторной части (Т5—Т8)	
Напряжение коллектор—база $U_{КБ}$,В	15
Ток коллектора $I_К$, мА	10

Электрические параметры микросхемы К2ЖА376 приведены в табл. 4-56.

Применительно к схеме рис. 4-86, *б* в выходном каскаде усилителя (*Т4*, рис. 4-86, *а*) режим одностороннего ограничения наступает при входном сигнале свыше 1 мВ. Контур *L1C2*, подключенный между выводами *4* и *10*, обеспечивает симметричное и противофазное возбуждение транзисторов детектора *Т5*, *Т7*. Согласование усилителя с детектором достигается путем частичного включения контура *L1C2* во входную цепь детектора.

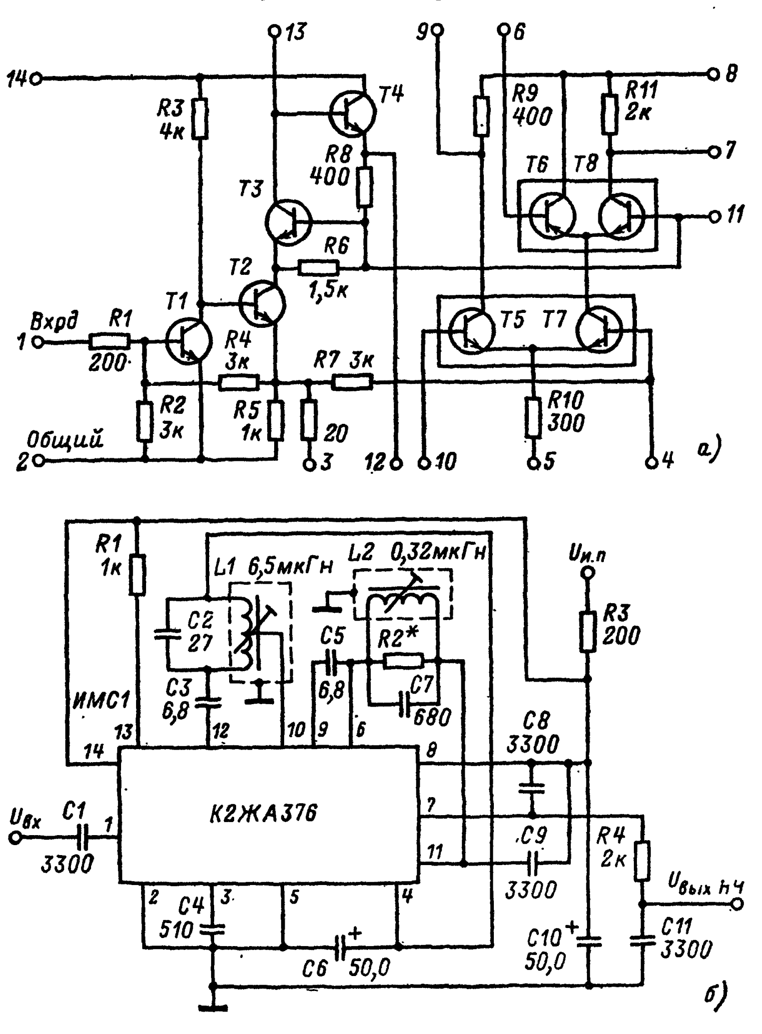


Рис. 4-86. Принципиальная схема микросхемы К2ЖА376 (*а*) и типовая схема ее включения (*б*).

Оптимальное частотное детектирование достигается тогда, когда транзисторы *Т6*, *Т8* детектора возбуждаются сигналом, сдвинутым по фазе на 90° относительно сигнала в транзисторах *Т5*, *Т7*. Для получения необходимого фазового сдвига между сигналами в схеме рис. 4-86, *б* использован контур *L2C7* и конденсатор *C5*. При подобном выполнении фазосдвигающей цепи номиналы ее элементов следует выбирать близкими к указанным на рис. 4-86, *б*.

Таблица 4-56

Параметр	Нормы на параметры	t, °C	Режим измерения
$I_{пот}$, мА	4,0—6,0	+25	$U_{вх}=0$, $U_{и.п}=6$ В
	5,0—7,2	+55	$U_{вх}=0$, $U_{и.п}=10$ В
	3,8—5,8	—25	$U_{вх}=0$, $U_{и.п}=5$ В
$S_{прб\ ЧД}$, мВ/кГц	2,0—3,2	+25; +55; —25	$U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=1$ мВ, $f=10{,}7$ МГц, $\Delta f=\pm 15$ кГц
$K_{под\ АМ}$, дБ	26—36	+25	$m=30\%$, $f=10{,}7$ МГц, $U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=1$ мВ, $\Delta f=\pm 15$ кГц
	20—36	+25; +55; —25	$f=10{,}7$ МГц± 50 кГц, $U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=2$ мВ, $m=30\%$
U_7, В	0,9—1,25	+25	$U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=0$
	0,95—1,1	+65	$U_{и.п}=10$ В, $U_{вх}=0$
	0,9—11	—25	$U_{и.п}=5$ В, $U_{вх}=0$
$K_г$, %	1,5	+25	$U_{и.п}=6$ В, $U_{вх}=1$ мВ, $f=10{,}7$ МГц
$R_{вх}$, Ом	300—500	+25	$\Delta f=\pm 15$ кГц

Резонансные цепи детектора настраиваются на центральную промежуточную частоту, причем полоса пропускания определяется в основном добротностью контура *L2C7*. Для снижения нелинейных искажений рекомендуется этот контур дополнительно шунтировать.

Напряжение на резисторе *R11* (выводы *7*, *8* ИМС, рис. 4-86, *а*) имеет практически постоянное значение (на центральной частоте сигнала) при изменении напряжения питания в пределах 5—9 В. Отклонение частоты сигнала в ту или иную сторону сопровождается соответствующим изменением этого напряжения, в связи с чем это напряжение можно использовать в схеме АПЧ, а также в схеме индикации точной настройки.

Раздел пятый

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

5-1. ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Стабилизаторы напряжения в интегральном исполнении обладают лучшими электрическими параметрами и характеристиками по сравнению с аналогичными стабилизаторами напряжения, выполненными на полупроводниковых приборах. К тому же ряд общих достоинств интегральных микросхем — высокая надежность, малые габариты и масса, низкая цена — обеспечивают широкое внедрение интегральных стабилизаторов напряжения в радиоэлектронную аппаратуру.

При проектировании маломощной и малогабаритной радиоэлектронной аппаратуры интегральный стабилизатор напряжения размещается на своем традиционном месте — после выпрямителя. При проектировании крупных разветвленных систем может оказаться более предпочтительным устанавливать общий нестабилизированный источник питания и индивидуальные стабилизаторы там, где это необходимо, например на некоторых схемных платах. Опыт показывает, что это способствует уменьшению помех и перекрестных искажений по цепям питания.

В радиолюбительской практике наибольшее применение найдут интегральные стабилизаторы напряжения непрерывного действия с обратной связью, в которых не используются ключевые элементы.

Интегральная технология позволяет создавать различные стабилизирующие устройства — от простейших параметрических стабилизаторов, в качестве которых используется один из переходов интегрального транзистора, до сложных стабилизаторов компенсационного типа. На рис. 5-1 представлены функциональные схемы стабилизаторов напряжения компенсационного типа.

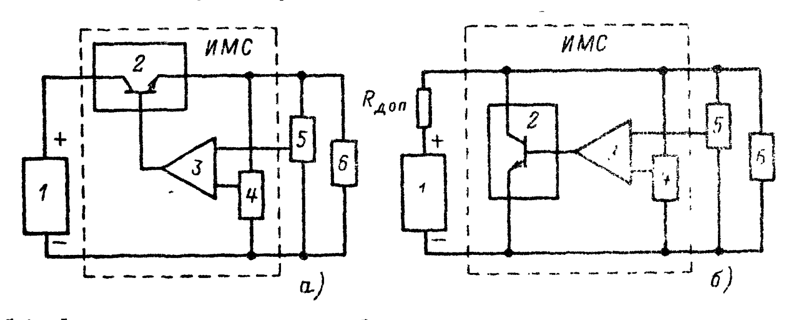


Рис. 5-1. Функциональные схемы стабилизаторов напряжения

а — последовательный стабилизатор напряжения; *б* — параллельный стабилизатор напряжения; *1* — источник стабилизируемого напряжения; *2* — регулирующий элемент; *3* — усилитель ошибки; *4* — источник опорного напряжения; *5* — элемент измерения выходного напряжения; *6* — нагрузка стабилизатора.

Регулирующий элемент *2* играет роль переменного резистора, включенного последовательно или параллельно с нагрузкой стабилизатора *6*. При изменении напряжения на сопротивлении нагрузки *6* меняется сопротивление регулирующего элемента таким образом, чтобы скомпенсировать эти изменения. Воздействие на регулирующий элемент осуществляется через цепь обратной связи, содержащую управляющий элемент *3* (обычно один из видов дифференциального или операционного усилителя), источник опорного напряжения *4* и элемент для измерения стабилизируемого напряжения *5*.

Стабилизатор напряжения называют последовательным (рис. 5-1, *а*), если нагрузка включена последовательно с регулирующим элементом. В некоторых случаях возникает необходимость нагрузку включать параллельно регулирующему элементу схемы (рис. 5-1, *б*), такой стабилизатор напряжения называется параллельным.

Следует ли применять последовательный или параллельный стабилизатор, зависит от таких факторов, как вид источника питания, поведение его в режиме короткого замыкания и холостого хода, нестабильность нагрузки, к.п.д. и т. д.

Последовательный стабилизатор напряжения имеет более высокий к. п. д. при частичной загрузке. Параллельный стабилизатор потребляет постоянную мощность от источника и распределяет ее между нагрузкой и регулирующим элементом. Параллельные стабилизаторы наиболее целесообразно применять при сугубо постоянных нагрузках в режиме, близком к полной загрузке. Параллельный стабилизатор безопасен при коротком замыкании, а последовательный стабилизатор — при холостом ходе.

При коротком замыкании в случае использования параллельного стабилизатора обязательный последовательный резистор $R_{доп}$ должен быть способен рассеять всю мощность источника питания, а в случае использования последовательного стабилизатора эту мощность должен рассеять сам регулирующий элемент.

В режиме холостого хода параллельный элемент должен рассеять всю мощность, которую по расчетам должен отдать источник питания, а последовательный элемент должен выдержать повышенное напряжение, которое возникает вследствие отсутствия нагрузки. При постоянных нагрузках как параллельный, так и последовательный стабилизаторы одинаково пригодны для применения и обеспечивают высокие к. п. д. При изменяющихся нагрузках последовательный стабилизатор обеспечивает более высокий к. п. д.

Элемент измерения напряжения *5* представляет собой потенциометр (делитель), с которого снимается часть выходного напряжения. Отрицательная обратная связь регулирует выходное напряжение, используемое для питания нагрузки, таким образом, чтобы выходное напряжение потенциометра равнялось опорному напряжению. Отклонение этого напряжения от опорного вызывает большее или меньшее падение напряжения на регулирующем элементе, следовательно, элементом измерения напряжения можно в некоторых пределах регулировать выходное напряжение. Если стабилизатор выполняется на фиксированное выходное напряжение, то элемент измерения напряжения выполняется внутри ИМС с температурной компенсацией. Если выходное напряжение имеет широкий диапазон, то элемент измерения напряжения выполняется вне ИМС. Для обеспечения длительной стабильности выходного напряжения необходимо не только строго соблюдать номинальные мощности резисторов, используемых в качестве элемента измерения выходного напряжения, но и использовать в качестве таких резисторов резисторы с низким температурным коэффициентом сопротивления.

Нижний предел тока делителя определяется входным током управляющего элемента, ток делителя должен быть всегда больше входного тока управляющего элемента при минимальном выходном напряжении в интервале рабочих температур.

Источник опорного напряжения *4*, как правило, всегда находится в составе микросхемы и представляет собой стабилизатор с температурной компенсацией.

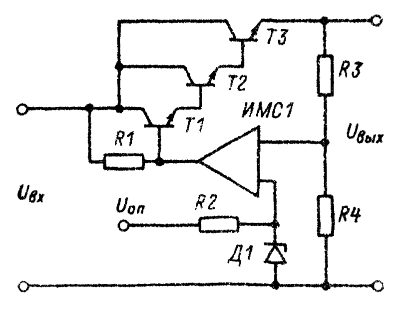


Рис. 5-2. Функциональная схема стабилизатора напряжения с регулирующим элементом на эмиттерных повторителях.

В качестве регулирующего элемента *2* чаще всего используется транзистор или каскады транзисторов, включенных по схеме с общим коллектором (рис. 5-2). Номинальная мощность транзисторов *T1—T3* определяется номинальным током нагрузки и падением напряжения на этих транзисторах

Ток через регулирующий элемент в нагрузки $I_н$ и падение напряжения на нем $U_{вх}—U_{вых}$ определяют мощность, которую потребляет регулирующий элемент С учетом мощности, потребляемой параметрическим стабилизатором и усилителем ошибки, это будет мощность, которую потребляет микросхема

$$P_{пот} = I_н (U_{вх} - U_{вых}) + I_п U_{вх},$$

где $I_п$ — ток потерь (ток, потребляемый параметрическим стабилизатором и усилителем ошибки). Потребляемая мощность не должна превышать мощность, которую может рассеять ИМС через свой корпус в окружающее пространство $P_{рас}$, т. е. $P_{пот} \leqslant P_{рас}$.

Кроме ограничения по мощности, которую может рассеять микросхема, существуют ограничения по максимальному $U_{вх.макс}$ и минимальному $U_{вх.мин}$ входным напряжениям. В первом случае — из-за пробоя микросхемы и тех же соображений непревышения $P_{рас}$, а во втором случае — из-за потери работоспособности (уход параметров стабилизатора за пределы гарантируемых норм) стабилизатора.

Кроме упомянутых параметров режима стабилизаторы напряжения характеризуются следующими основными параметрами.

Нестабильность по напряжению, %, определяется по формулам:

при $\Delta U_{вх} = 1$ В

$$K_U = \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых}} 100;$$

при $\Delta U_{вх} \neq 1$ В

$$K_U = \frac{\Delta U_{вых} \cdot 1 \text{ В}}{U_{вых} \Delta U_{вх}} 100,$$

где $U_{вых}$ — выходное напряжение; $\Delta U_{вх}$ — изменение входного напряжения; $\Delta U_{вых}$ — изменение выходного напряжения, вызванное изменением входного напряжения.

Нестабильность по току, %,

$$K_I = \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых}} 100,$$

где $\Delta U_{вых}$ — изменение выходного напряжения, вызванное изменением выходного тока в заданных пределах.

Относительный температурный коэффициент напряжения, % / °С,

$$\alpha_{t\,U_{вых}} = \frac{|U_{вых\,t_2} - U_{вых\,t_1}|}{\Delta t\, U_{вых\,t_0}} 100,$$

где $U_{вых t_0}$ — значение выходного напряжения при нормальной температуре окружающей среды; $U_{вых t_1}$, $U_{вых t_2}$ — значения выходного напряжения при температуре окружающей среды t_1 и t_2 соответственно; t_1, t_2 — крайние значения температурного диапазона эксплуатации ИМС; $\Delta t = t_2 - t_1$.

Ток потерь, мА,

$$I_п = \Sigma I_{вх} - \Sigma I_{вых},$$

где $\Sigma I_{вх}$, $\Sigma I_{вых}$ — сумма токов на входных и выходных клеммах микросхемы соответственно, мА.

Коэффициент сглаживания пульсаций, дБ,

$$K_{сг} = 20 \lg \frac{U_{вх\sim}}{U_{вых\sim}}$$

или

$$K_{сг} = \frac{U_{вх\sim}}{U_{вых\sim}},$$

где $U_{вх\sim}$ – переменная составляющая входного напряжения; $U_{вых\sim}$ — выходного напряжения.

5-2. МИКРОСХЕМЫ К142ЕН1 И К142ЕН2

Микросхемы К142ЕН1А—К142ЕН1Г и К142ЕН2А—К142ЕН2Г представляют собой стабилизаторы напряжения с регулируемым выходным напряжением, идентичны по принципиальной схеме (рис. 5-3) и различаются лишь значениями электрических параметров.

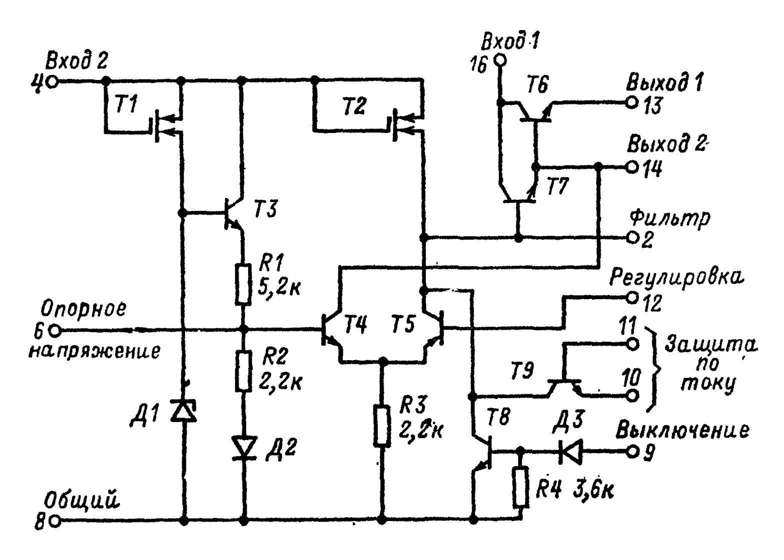


Рис. 5-3. Принципиальная схема микросхем К142ЕН1, К142ЕН2.

Схема состоит из следующих узлов:

1) источника опорного напряжения, представляющего собой параметрический стабилизатор, состоящий из стабилитрона *Д1* и полевого транзистора *T1*. Для уменьшения нагрузки параметрического стабилизатора применен эмиттерный повторитель на транзисторе *T3*. Делитель *R1*, *R2* служит для снижения уровня стабилизированного напряжения, подаваемого на базу транзистора *T4*, до 2,5 В±15%. Эта величина определяет минимальное напряжение, которое можно получить с выхода стабилизатора на микросхеме К142Е1. Диод *Д2* служит для температурной компенсации изменения напряжения стабилизации;

2) управляющего элемента, представляющего собой дифференциальный усилитель на транзисторах *T4*, *T5* с динамической нагрузкой на полевом транзисторе *T2*;

3) регулирующего элемента, состоящего из составных транзисторов *T6*, *T7*;

4) схемы защиты стабилизатора от перегрузок по току нагрузки (транзистор *T9*);

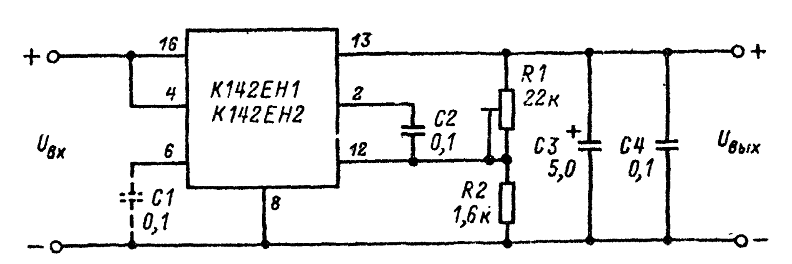


Рис. 5-4. Схема включения ИМС при измерении электрических параметров.

5) схемы дистанционного выключения стабилизатора, состоящей из транзистора *Т8*, диода *Д3* и резистора *R4*.

Элемент для измерения напряжения в схеме отсутствует, он ставится вне схемы и обеспечивает регулировку выходного напряжения стабилизатора.

Схема включения ИМС при измерении электрических параметров приведена на рис. 5-4. Конденсатор *С2* способствует уменьшению шумов на выходе стабилизатора и повышению устойчивости его работы. Для этой же цели иногда включают конденсатор *С1*. Конденсаторы *С3*, *С4* способствуют сглаживанию пульсаций выходного напряжения, причем конденсатор *С4*, обладающий малой собственной индуктивностью, повышает эффективность сглаживания на высоких частотах. На рис. 5-5 приведена зависимость напряжения шумов на выходе стабилизатора от емкости конденсаторов *С2* и *С3*. Делитель *R1*, *R2* служит для регулировки выходного напряжения, при этом необходимо учесть, что минимально допустимый ток делителя должен быть не менее 1,5 мА.

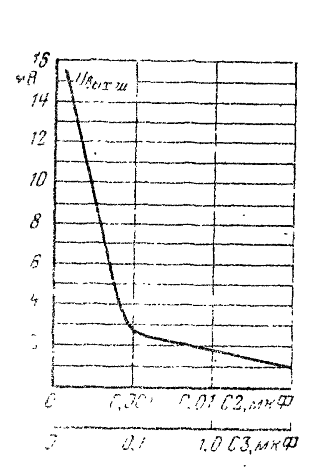


Рис. 5-5. Зависимость напряжения шумов на выходе стабилизатора от емкости конденсаторов *С2* и *С3*.

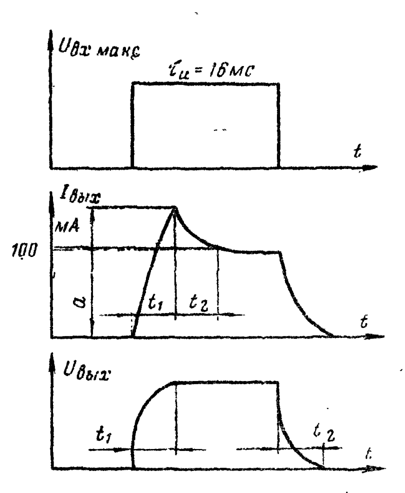


Рис. 5-6. Формы тока и напряжения на выходе стабилизатора при включении и выключении стабилизатора.

При включении и выключении стабилизатора выходной ток и напряжение рис. 5-6 не сразу принимают установившиеся значения, а через некоторое время t_1 для напряжения и t_1+t_2 для тока. Кроме того, при включении в нагрузке происходит бросок тока, превышающий установившееся значение. Для снижения броска тока необходимо увеличивать емкость конденсатора *С2*, однако это приводит к увеличению времени установления выходного тока и напряжения стабилизатора, что иллюстрировано на рис. 5-7.

На рис. 5-8, *а—в* приведены эпюры выходного напряжения стабилизатора при различных значениях емкости конденсатора *С2*. Наличие на эпюре напряжения выбросов при *С2*=100 пФ свидетельствует о неустойчивой работе стабилизатора.

При скачкообразном изменении выходного тока стабилизатора (рис. 5-9) выходное напряжение также не имеет практически выбросов, если емкость $C2 \geqslant 10^5$ пФ. Анализируя приведенные графики, можно сделать вывод, что для устойчивой работы стабилизатора напряжения с малыми шумами на выходе наличие в схеме конденсатора *С2* обязательно и его емкость должна быть не менее 10^5 пФ.

Дифференциальный усилитель с параметрическим стабилизатором в некоторых случаях целесообразно питать от отдельного источника постоянного напряжения, который должен подключаться между выводами *4* и *8*. В этом слу-

чае вывод 16 микросхемы, предназначенный для соединения с источником входного нестабилизированного напряжения $U_{вх}$, с выводом 4 не соединяется

Предельно допустимые режимы эксплуатации для микросхем К142ЕН1А К142ЕН1Г, К142ЕН2А—К142ЕН2Г приведены в табл. 5-1; электрические параметры микросхемы — в табл. 5-2.

Нестабильность по напряжению с ростом частоты пульсации ухудшается, что иллюстрировано рис. 5-10. На рис. 5-11 приведена типовая зависимость коэффициента сглаживания пульсаций от частоты пульсаций.

При работе стабилизатора от маломощного источника входного стабилизируемого напряжения, когда ток нагрузки соизмерим с током потерь, представляет интерес как абсолютная величина тока потерь, так и зависимость этого тока от температуры окружающей среды. На рис. 5-12 приведена типовая зависимость тока потерь от температуры окружающей среды.

Часть входного напряжения $U_{вх}—U_{вых}$ стабилизатора падает на регулирующем элементе. Учитывая, что корпус микросхемы рассеивает конечную мощность, необходимо следить за тем, чтобы ток в нагрузке не превы-

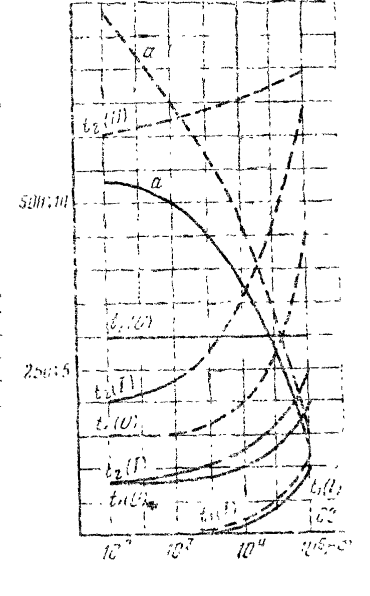


Рис. 5-7. Зависимости броска тока нагрузки и времени установления выходного напряжения и тока при включении и выключении стабилизатора.
——— — К142ЕН1;
— — — — К142ЕН2.

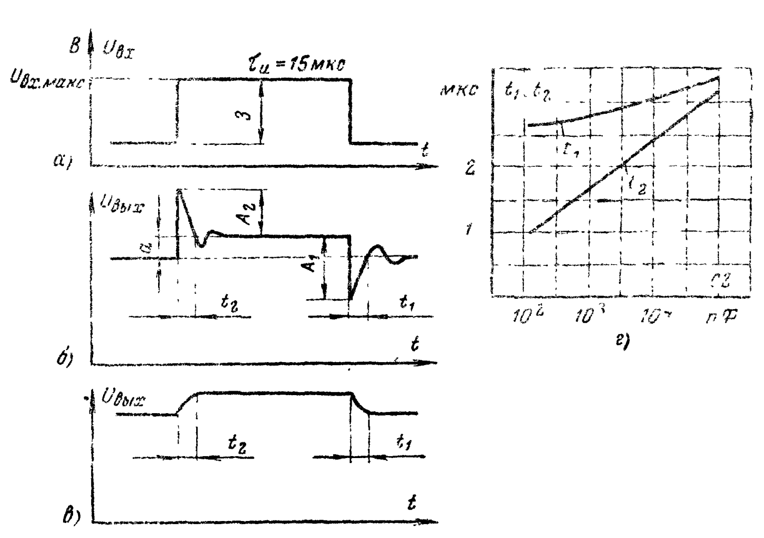


Рис. 5-8. Форма напряжения на выходе стабилизатора при импульсном изменении входного напряжения.

а — импульс напряжения на входе; *б* — импульс напряжения на выходе при C2=100 пФ *в* — импульс напряжения на выходе при $C2 \geqslant 10^5$ пФ; *г* — зависимость времени установления выходного напряжения от емкости C2.

шал величины, ограниченной графиком рис. 5-13, для конкретных значений $U_{вх}$—$U_{вых}$. На графике области выше кривых не рабочие, так как в этих областях

$$P_{пот} > P_{рас} = \begin{cases} 0{,}8 \text{ Вт при } t = -45 \div +55\ ^\circ C; \\ 0{,}55 \text{ Вт при } t = +85\ ^\circ C. \end{cases}$$

Рис. 5-9. Форма напряжения на выходе стабилизатора при импульсном изменении тока нагрузки (*а*), зависимости выброса напряжения на выходе стабилизатора при импульсном изменении тока нагрузки от емкости *С2* (*б*) и времени установления выходного напряжения от емкости *С2* при импульсном изменении тока нагрузки (*в*).

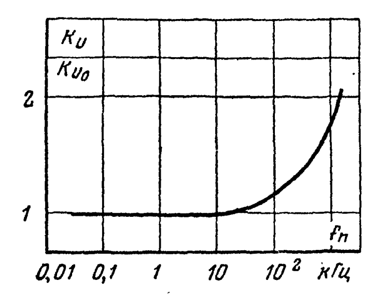


Рис. 5-10. Зависимость относительной нестабильности по напряжению от частоты пульсаций.

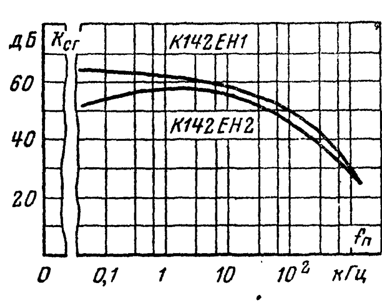


Рис. 5-11. Зависимость коэффициента сглаживания пульсаций от частоты пульсаций.

Таблица 5.1

Наименование и обозначение параметра	Нормы на параметры
Максимальное входное напряжение $U_{вх.макс}$ в интервале температур окружающей среды от минус 45 до +85 °С при $P_{рас} \leqslant P_{рас.макс}$, В:	
для микросхем К142ЕН1А — К142ЕН1Г	20
для микросхем К142ЕН2А — К142ЕН2Г	40
Минимальное входное напряжение $U_{вх.мин}$ в интервале температур окружающей среды от минус 45 до +85 °С при $P_{рас} \leqslant P_{рас.макс}$, В:	
для микросхем К142ЕН1А — К142ЕН1Г	9*
для микросхем К142ЕН2А — К142ЕН2Г	20
Максимальный ток нагрузки $I_{н.макс}$ для всех микросхем (с учетом тока внешнего делителя) для всего диапазона входных и выходных напряжений при $P_{рас} \leqslant P_{рас\ макс}$, $T = 25$ °С, мА	150
Максимальная рассеиваемая мощность для всех микросхем $P^{**}_{рас.макс}$, Вт:	
при температуре окружающей среды от минус 45 °С до +55 °С	0,8
при температуре окружающей среды +85 °С	0,55
Максимальная импульсная рассеиваемая мощность для всех микросхем при длительности импульса 1 с с периодом повторения не менее 5 мин $P_{рас.и.макс}$, Вт	$3P_{рас\ макс}$

* Разрешается использовать микросхемы К142ЕН1А — К142ЕН1Г при минимальном входном напряжении $U_{вх}=5,5$ В в схеме с дополнительным источником питающего напряжения не менее 9 В $\leqslant U_{вх.макс}$, подключаемым к выводам *4*, *8*.

** В интервале температур от +55 до +85° С $U_{рас.макс}$ снижается по линейному закону.

При работе микросхем с теплоотводом они могут рассеивать мощность, ограниченную графиком рис. 5-14. Температура корпуса микросхемы определяется в месте крепления корпуса микросхемы к теплоотводу.

Схемы применения. Типовая схема включения. Типовая схема включения ИМС К142ЕН1, К142ЕН2 приведена на рис. 5-15. Как видно из рисунка, она

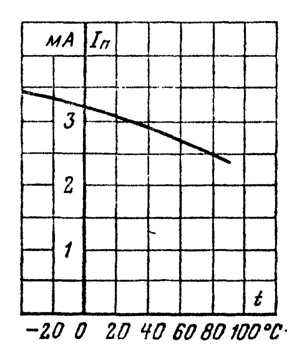


Рис. 5-12. Зависимость тока потерь от температуры окружающей среды.

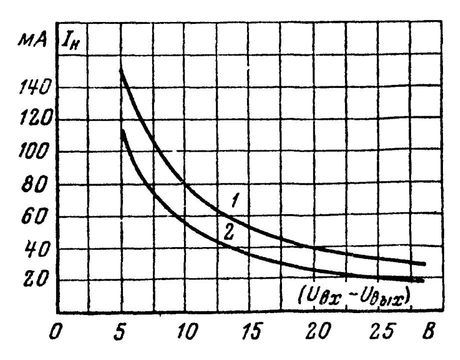


Рис. 5-13. Зависимость тока нагрузки от падения напряжения на микросхеме.

1 — при температуре окружающей среды от минус 45 до +55° С; *2* — при температуре окружающей среды +85° С.

Таблица 5-2

Параметр	Нормы на параметры: К142ЕН1 А	Б	В	Г	К142ЕН2 А	Б	В	Г	t, °C	Режим измерения
K_r, %	0,3	0,1	0,5	0,5					25	$U_{вх}=10;\ 20$ В, $U_{вых}=3;\ 12$ В, $I_н=50$ мА
	0,5	0,2	0,8	0,8					−45	
									+85	$I_н=35$ мА
					0,3	0,1	0,5	0,5	25	$U_{вх}=20;\ 40$ В, $U_{вых}=12;\ 30$ В, $I_н=50$ мА
					0,5	0,2	0,8	0,8	−45	
									+85	$I_н=35$ мА
K_I, %	0,5	0,2	2,0	1,0	0,5	0,2	2,0	1,0	25	$U_{вх}=16,5$ В, $U_{вых}=12$ В, $I_н=5\div50$ мА
$\alpha_{U_{вых}}$, %/°C	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,05	0,05	+85 −45	$U_{вх}=12$ В
$I_п$, мА	4,0	4,0	4,0	4,0					25	$U_{вх}=20$ В, $U_{вых}=12$ В
					4,0	4,0	4,0	4,0	25	$U_{вх}=40$ В, $U_{вых}=30$ В

отличается от схемы включения ИМС при измерении электрических параметров (см. рис. 5-4) лишь тем, что в ней включены схема защиты стабилизатора от перегрузок по току нагрузки и схема дистанционного выключения стабилизатора. При номинальном токе нагрузки $I_{н.ном}$ напряжение на эмиттером переходе транзистора *Т9*, рис. 5-3 (между выводами *10* и *11* микросхемы), определяемое выражением

$$U_{БЭ9} = U_{10,11} = U_{R1} + U_{БЭ6} - U_{R4} = U_{R7} - U_{вых},$$

близко к нулю и закрытый транзистор *Т9* не оказывает никакого влияния на работу стабилизатора ($U_{БЭ6}$ — напряжение на эмиттерном переходе транзистора *Т6*; U_{R1}, U_{R4}, U_{R7} — падение напряжения на соответствующих резисторах). Как только ток нагрузки превысит пороговое значение $I_{пор}$, определяемое сопротивлением *R1*, транзистор *Т9* начинает открываться. Напряжение на базе регулирующего транзистора при этом уменьшается и он начинает закрываться, что приводит к уменьшению тока нагрузки. Зависимость выходного напряжения от выходного тока показана на рис. 5-16. При коротком замыкании выхода стабилизатора через регулирующий транзистор протекает ток $I_{к.з}$. При уменьшении нагрузки выходное напряжение стабилизатора благодаря наличию остаточного тока $I_{к.з}$ начинает увеличиваться, из-за чего напряжение на эмиттерном переходе транзистора *Т9* уменьшается и он начинает закрываться, а транзисторы *Т6*, *Т7* — открываться. Наличие остаточного тока через регулирующий транзистор после срабатывания устройства защиты обеспечивает надежный автоматический возврат стабилизатора в рабочий режим после снятия перегрузки.

Сопротивление резистора *R1*, *R5* рассчитывают по формулам:

$$R1 = \frac{0,5\ В}{I_{пор}};$$

$$R5 = \frac{(U_{вых} + 0,5)\ \text{В}}{0,3\ \text{мА}}.$$

Напряжение на эмиттерном переходе транзистора *Т9* зависит от напряжения на резисторе *R1*, т. е. прямо пропорционально току нагрузки. Для того чтобы этот транзистор при номинальном токе нагрузки был надежно закрыт и не влиял на работу стабилизатора, а открывался лишь $I_н = I_{пор}$, ток $I_{пор}$ должен существенно отличаться от номинального тока нагрузки.

На графике рис. 5-16, в частности, $I_{пор} \approx 2{,}2 I_{ном}$, что соответствует общепринятому соотношению. Это соотношение в некоторых пределах может быть

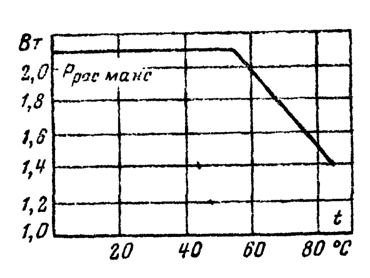
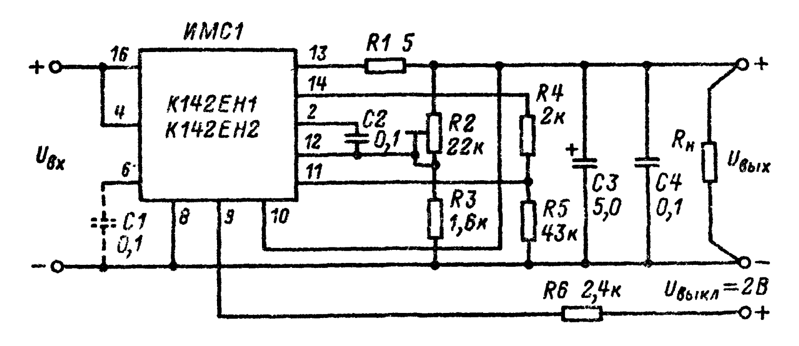
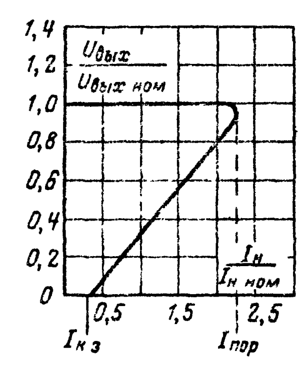
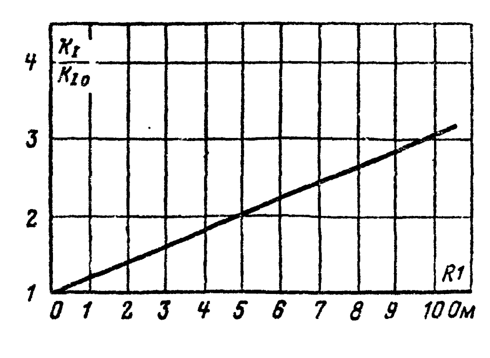


Рис. 5-14. Зависимость максимальной рассеиваемой мощности микросхем К142ЕН1, К142ЕН2 с дополнительным теплоотводом от температуры корпуса микросхемы.

Рис. 5-15. Типовая схема включения микросхем.







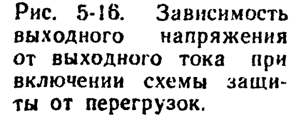

Рис. 5-16. Зависимость выходного напряжения от выходного тока при включении схемы защиты от перегрузок.

Рис. 5-17. Зависимость относительной нестабильности по току от сопротивления резистора — датчика схемы защиты. (K_{I0} — нестабильность по току при сопротивлении резистора-датчика, равном нулю.)

изменено, но $I_{пор}$ не должен превышать максимального выходного тока, установленного табл. 5-1.

Включение схемы защиты ухудшает параметры стабилизатора, что иллюстрирует рис. 5-17. Поэтому сопротивление резистора *R1* необходимо выбирать минимально возможным, при этом, как уже отмечалось, $I_{пор}$ не должен превышать предельно допустимого тока нагрузки 150 мА.

Для дистанционного выключения стабилизатора на вывод *9* микросхемы необходимо подать напряжение положительной полярности. Это напряжение и резистор *R6* должны быть выбраны такими, чтобы ток выключения был в пределах 0,5—3 мА.

Стабилизатор с повышенной нагрузочной способностью. Если необходимо через нагрузку пропускать ток, превышающий предельно допустимые значения, то стабилизатор дополняют внешними регулирующими транзисторами. Схема такого стабилизатора на основе микросхемы К142ЕН2Б показана на рис. 5-18.

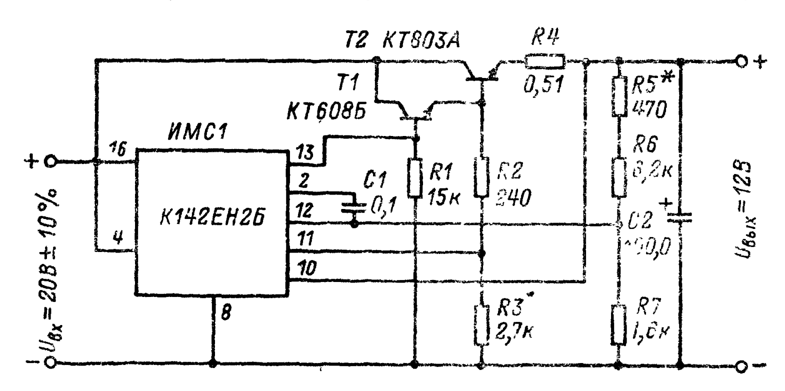


Рис. 5-18. Стабилизатор напряжения с повышенной нагрузочной способностью.

Отношение *R2/R3* следует выбирать таким, чтобы при номинальном токе нагрузки ($I_н=0,5$ А) напряжение между выводами *10* и *11* микросхемы, рассчитанное по формуле $U_{10-11}=U_{R4}+U_{БЭ2}-U_{R2}=U_{R3}-U_{вых}$, было близко к нулю ($U_{БЭ2}$ — напряжение на эмиттерном переходе транзистора *T2*; U_{R4}, U_{R2}, U_{R3} — напряжения на соответствующих резисторах). При указанных номиналах резисторов и токе нагрузки 0,5 А напряжение это равно 0,04 В. Устройство защиты устойчиво срабатывает при $I_{пор}=1,15$ А, в этот момент выходное напряжение стабилизатора скачком уменьшается до 3 В и уже при токе нагрузки $I_н=1,1$ А стабилизатор автоматически возвращается в рабочий режим. Ток короткого замыкания около 70 мА. Нестабильность по напряжению 0,2% при номинальном токе нагрузки.

Стабилизатор с раздельным питанием. При питании микросхемы по выводу *4* от отдельного стабилизированного источника питания U_4 можно уменьшить нестабильность по напряжению и току за счет стабилизации внутреннего опорного напряжения $U_{оп}$. Для нормальной работы микросхемы необходимо выполнять условие $U_4 \geqslant U_{вх}$.

При питании микросхемы от отдельного источника питания с нестабильностью по напряжению 0,2% стабилизатор напряжения, собранный по типовой схеме рис. 5-4, имеет среднее значение нестабильности по напряжению 0,01%, а по току 0,03 при изменении тока нагрузки с 5 до 50 мА, т. е. нестабильность по напряжению и току уменьшились в среднем на порядок.

Однако такой способ улучшения параметров стабилизатора из-за наличия дополнительного стабилизированного источника питания в большинстве случаев неприемлем. За счет различных схемотехнических приемов включения микросхемы и ее внешних элементов можно улучшить некоторые выходные электрические параметры стабилизаторов по сравнению с параметрами табл. 5-2. Это будет показано на последующих схемах применения ИМС К142ЕН1, К142ЕН2.

Стабилизатор напряжения с улучшенными выходными параметрами. Достоинством этого стабилизатора по сравнению с предыдущими является лучшая стабилизация по напряжению и току. Достигается это за счет замены резистивного делителя делителем, состоящим из стабилитрона *Д2* и резистора *R3* (рис. 5-19). Изменение выходного напряжения стабилизатора $\Delta U_{вых}$ связано

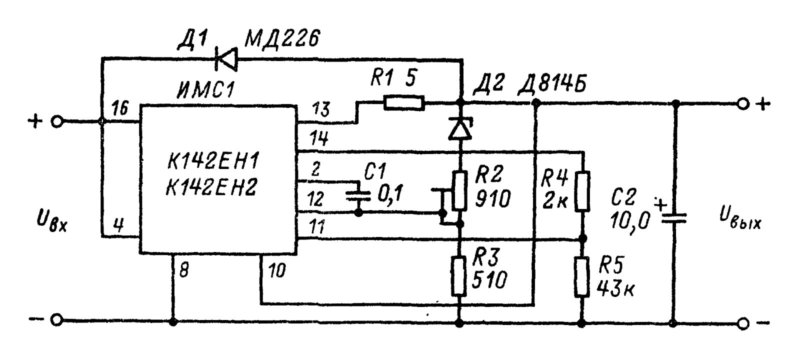


Рис. 5-19. Стабилизатор с улучшенными выходными параметрами.

с параметрами делителя и усилителя цепи обратной связи следующим соотношением:

$$\Delta U_{вых} = \Delta U_{м} \frac{R3 + R_{д}}{R3},$$

где $\Delta U_{м}$ — чувствительность цепи обратной связи по напряжению; $R_{д}$ — динамическое сопротивление стабилитрона *Д2*.

Практически $R_{д} \ll R3$, поэтому $\Delta U_{вых} \approx \Delta U_{м}$, т. е. изменение выходного напряжения стабилизатора приблизительно равно чувствительности цепи обратной связи.

Выходное напряжение стабилизатора определяется уравнением

$$U_{вых} = U_{Д2} + U_{оп},$$

где $U_{д2}$ — напряжение стабилизации стабилитрона *Д2*; $U_{оп}$ — внутреннее опорное напряжение ИМС.

Так как напряжения $U_{оп}$ и $U_{д2}$ имеют разброс, то для получения заданной величины $U_{вых}$ в схему введен подстроечный резистор *R2*, при этом значение $\Delta U_{вых}$ увеличивается на величину $\Delta U_{м} \frac{R2}{R3}$. Следовательно, для получения лучших значений нестабильности выходного напряжения необходимо уменьшать сопротивление резистора *R2*, которое определяется по формуле

$$R2_{макс} = \left(0{,}8 + \frac{\Delta U_{Д2}}{U_{оп.мин}}\right) R3,$$

где $\Delta U_{Д2}$ — разброс напряжения стабилизации стабилитрона *Д2*; $U_{оп.мин}$ — минимальное значение внутреннего опорного напряжения ИМС. Сопротивление резистора *R3* определяется из условия

$$R3 \leqslant \frac{U_{оп.мин}}{I_{Д2мин}},$$

где $I_{Д2мин}$ — минимально допустимый ток стабилизации стабилитрона *Д2*.

Для защиты микросхемы в момент отключения входного напряжения в схему введен диод *Д1*.

Среднее значение нестабильности по напряжению стабилизатора 0,01%, по току — 0,03%.

Параллельный стабилизатор напряжения. Принцип действия параллельного стабилизатора напряжения (рис. 5-20) следующий. Через резистор *R2* проходит

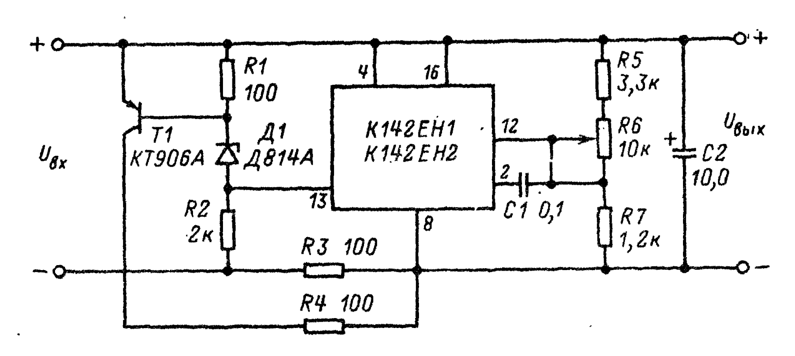


Рис. 5-20. Параллельный стабилизатор напряжения.

суммарный ток стабилитрона *Д1* и регулирующего элемента ИМС. При изменении тока регулирующего элемента меняется ток стабилитрона *Д1*, меняется ток базы и ток коллектора транзистора *Т1*. Изменения тока нагрузки и тока коллектора транзистора *Т1* имеют противоположные значения, тем самым напряжение на нагрузке остается неизменным.

Через гасящий резистор *R3* проходит сумма токов $I_{R3}=I_{К1}+I_п+I_д+I_н$ где $I_{К1}$ — ток коллектора транзистора *Т1*; $I_п$ — ток потерь (ток, потребляемый ИМС); $I_д$ — ток делителя *R5, R6, R7*; $I_н$ — ток нагрузки.

Отсюда определяется максимальное значение тока нагрузки

$$I_{н.макс}=I_{R3}-I_п-I_д-I_{К\,1\,мин}.$$

Ток через резистор *R3* определяется из выражения

$$I_{R3}=\frac{U_{вх}-U_{вых}}{R3}$$

Для надежной работы резистора *R3* мощность, выделяемая им, должна быть меньше допустимой мощности рассеивания $I^2_{R3}R3\leqslant P_{доп}$.

Аналогично для транзистора *Т1* $I_{К1\,макс}U_{вых}\leqslant P_{доп}$, где $I_{К1\,макс}$ — ток коллектора транзистора *Т1* при $I_н=0$.

Для уменьшения мощности, рассеиваемой транзистором *Т1* в его коллекторную цепь, можно включить резистор *R4*, при этом следует иметь в виду, что при $I_н=0$ транзистор *Т1* не должен входить в насыщение, т. е. должно выполняться неравенство:

$$R4\leqslant\frac{U_{вых}-U_{КЭ\,1\,мин}}{I_{К1\,макс}},$$

где $U_{КЭ\,1\,мин}$ — минимальное напряжение между коллектором и эмиттером транзистора *Т1*, при котором он еще не входит в режим насыщения.

Резистор *R2* рассчитывается из условия

$$R2\leqslant\frac{U_{вх.мин}-U_{Д1}-U_{ЭБ\,1}}{I_{Д\,1\,мин}+I_м},$$

где $U_{вх.мин}$ — минимальное входное напряжение стабилизатора; $U_{Д1}$ — напряжение стабилизации стабилитрона *Д1*; $U_{ЭБ1}$ — напряжение эмиттер—база транзистора *Т1*; $I_{Д\,1\,мин}$ — минимальный ток стабилизации стабилитрона *Д1*; $I_м$ — ток, протекающий через регулирующий элемент микросхемы.

При максимальном токе нагрузки коллекторный ток транзистора *T1* минимальный. Учитывая это, сопротивление резистора *R1* определяем по формуле

$$R1 = \frac{U_{ЭБ1} h_{21Э}}{I_{Д1\,мин} h_{21Э} - I_{К1мин}},$$

где $h_{Э21}$ — статический коэффициент усиления по току транзистора *T1*.

Напряжение стабилизации стабилитрона *Д1* выбирается в пределах:
для ИМС К142ЕН1

$$7В \leqslant U_{Д1} - U_{ЭБ1} \leqslant 17 \text{ В};$$

для ИМС К142ЕН2

$$7В \leqslant U_{Д1} + U_{ЭБ1} \leqslant 37 \text{ В}.$$

Делитель *R5*, *R6*, *R7* рассчитывается из тех же соображений, чтобы минимальный ток делителя был не менее 1,5 мА.

Максимальное выходное напряжение стабилизатора определяется по формуле $U_{вых.макс} = U_{вх} - U_{R3} = U_{вх} - R3\,(I_{К1\,мин} + I_{н.макс} + I_{Д1} + I_{ц})$,
где U_{R3} — падение напряжения на резисторе *R3*.

Среднее значение нестабильности по напряжению стабилизатора 0,01%, по току — 0,03%.

Стабилизатор напряжения отрицательной полярности. Схема данного стабилизатора приведена на рис. 5-21. Роль регулирующего элемента в схеме стабилизатора выполняет транзистор *T2*, динамическое сопротивление которого меняется в зависимости от тока нагрузки. Регулирующий элемент микросхемы выполняет функцию усилителя с нагрузкой *R2*. Схема работает следующим образом. Изменение выходного напряжения $\Delta U_{вых}$ через делитель напряжения *R6*

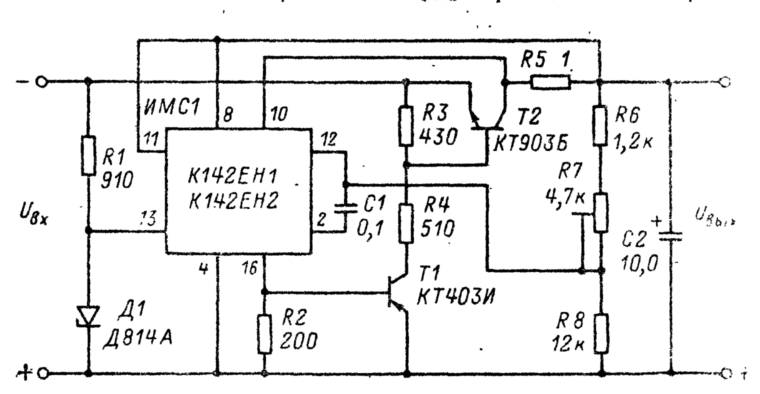


Рис. 5-21. Стабилизатор напряжения отрицательной полярности.

R7, *R8* подается на усилитель ошибки микросхемы (вывод *12*), усиливается и снимается с резистора *R2* (вывод *16* ИМС). Изменение напряжения на выводе *16* микросхемы приводит к изменению тока коллектора транзистора *T1*, который в свою очередь управляет транзистором *T2*. Ток коллектора транзистора *T2* изменяется таким образом, что компенсирует изменение выходного напряжения $\Delta U_{вых}$.

Резистор *R1* является гасящим в цепи стабилитрона *Д1*, его значение определяется из выражения

$$R1 \leqslant \frac{U_{вх.мин} - U_{Д1}}{I_{Д1\,мин} - I_{м.макс}},$$

где $I_{Д1мин}$ — минимальный ток стабилизации стабилитрона *Д1*, $I_{м.макс} \geqslant 2$ мА — максимальный ток регулирующего элемента микросхемы при максимальном токе нагрузки.

Резистор *R4* является ограничительным и выбирается с таким расчетом, чтобы при максимальном токе нагрузки транзистор *T1* не входил в режим насыщения.

Напряжение стабилизации стабилитрона *Д1* выбирается:

для микросхем К142ЕН1

$$7\text{ В} \leqslant U_{Д1} \leqslant 17\text{ В};$$

для микросхем К142ЕН2

$$7\text{ В} \leqslant U_{Д1} \leqslant 37\text{ В}.$$

Ток, протекающий через резисторы *R6*, *R7*, *R8*, должен быть не менее 1,5 мА.

Среднее значение нестабильности по напряжению стабилизатора 0,015%, по току — 0,025%.

Стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением в широких пределах. Как отмечалось ранее, минимальное выходное напряжение стабилизатора определяется значением внутреннего опорного напряжения стабилизатора, поэтому во всех предыдущих схемах стабилизаторов можно получить выходное стабилизированное напряжение не менее 3 В. Схема стабилизатора напряжения на рис. 5-22 обеспечивает регулировку выходного напряжения от нуля до максимального значения, установленного для микросхем. Стабилизатор выполнен на двух ИМС, работающих от раздельных источников входных напряжений $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$.

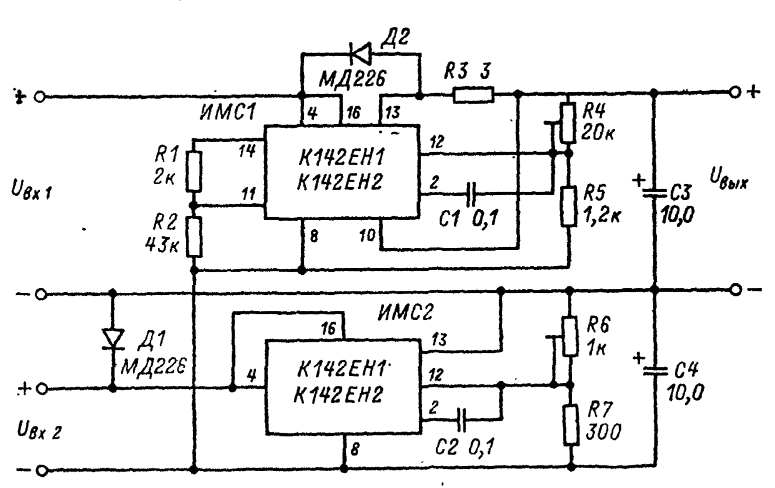


Рис. 5-22. Стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением в широких пределах.

Микросхема *ИМС1* служит для стабилизации напряжения на нагрузке, микросхема *ИМС2* — для создания напряжения смещения на выводе *8* (общем выводе) микросхемы *ИМС1*. Напряжение смещения равно минимальному выходному напряжению микросхемы *ИМС1*, т. е. ее внутреннему опорному напряжению $U_{оп}$.

Ток, потребляемый нагрузкой от микросхемы *ИМС2*, незначителен и равен:

$$I_{н2} = I_{д2} - I_{01},$$

где $I_{д2}$ — ток, потребляемый делителем *R6*, *R7*; I_{01} — ток, потребляемый микросхемой *ИМС1* при $U_{вых}=0$.

Нестабильность выходного напряжения по току определяется микросхемой *ИМС1*, а по напряжению — микросхемами *ИМС1* и *ИМС2*.

Напряжение на нагрузке стабилизатора после изменения входных напряжений $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ равно:

$$U_н - U'_н + \Delta U_{н1} - \Delta U_{н2},$$

где $U'_н$ — напряжение на нагрузке стабилизатора до изменения входных напряжений $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$; $\Delta U_{н1}$, $\Delta U_{н2}$ — изменения напряжения на нагрузке, создаваемые микросхемами *ИМС1* и *ИМС2* соответственно.

Величины $\Delta U_{н1}$ и $\Delta U_{н2}$ определяются значениями нестабильности выходного напряжения соответствующих схем, а также входными и выходными напряжениями микросхем. В частном случае, если изменения $\Delta U_{вх1}$ и $\Delta U_{вх2}$ имеют один и тот же знак при определенных условиях, можно получить значение нестабильности по напряжению, равное нулю.

Ток, протекающий через делитель *R6*, *R7*, должен удовлетворять условию $I_д \geqslant 1{,}5$ мА$+I_{01}$.

Сопротивление резистора *R6* выбирается из условия получения на выходе микросхемы *ИМС2* напряжения

$$U_{вых\,2} \geqslant U_{оп} = 2{,}5 \text{ В} + 15\%.$$

Схема стабилизатора настраивается следующим образом. В исходном состоянии потенциометры *R4* и *R6* выведены до нуля. С помощью потенциометра *R6* напряжение на нагрузке устанавливается в пределах от нуля до минус 0,5 В. С помощью потенциометра *R4* устанавливается нужное выходное напряжение.

Среднее значение нестабильности по напряжению стабилизатора 0,025%, по току — 0,03%.

Список литературы

1. **Степаненко И. П.** Основы теории транзисторов и транзисторных схем. — М.: Энергия, 1973.

2. **Гребен А. Б.** Проектирование аналоговых интегральных схем: Пер. с англ. — М.: Энергия, 1976.

3. **Шило В. Л.** Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. — М.: Советское радио, 1974.

4. **Аналоговые** интегральные схемы: Пер. с англ. Б. Н. Броника/Под ред. Дж. Коннели. — М.: Мир, 1977.

5. **Справочник** по интегральным схемам/Под общ. ред. Б. В. Тарабрина. — М.: Энергия, 1977.

6. **Проектирование** и применение операционных усилителей: Пер. с англ. В. Л. Левина и И. М. Хейфеца/Под ред. Дж. Грэма. — М.: Мир, 1977.

7. **Справочник** по полупроводниковой электронике: Под ред. Л. П. Хантера: Пер. с англ./Под ред. С. Я. Шаца и И. И. Литвинова. — М.: Машиностроение, 1975.

8. **Ленк Дж.** Руководство для пользователей операционных усилителей: Пер. с англ. В. Л. Левина, И. М. Хейфеца. — М.: Связь, 1978.

9. **Крылов В., Бызеев В.** Стабилизаторы напряжения на К142ЕН. — Радио, 1978, № 10, с. 31—33.

СОДЕРЖАНИЕ